



**EPS**

Escola Politècnica

**UdG** Superior

## **Projecte/Treball Fi de Carrera**

**Estudi:** Enginyeria Tècn. Ind. Electrònica Ind. Pla 2002

**Títol:** Disseny, automatització i telecontrol d'una EBAR

**Document:** 1.Memòria

**Alumne:** Oscar Simó Elias

**Director/Tutor:** Sergio Herraiz

**Departament:** Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

**Àrea:** EEEA

**Convocatòria** (mes/any): setembre/2012

**ÍNDEX**

1.Introducció .....	3
1.1.Antecedents .....	3
1.2.Objecte.....	4
1.3.Especificacions i abast .....	4
2.Situació i especificacions de l'EBAR .....	6
2.1.Situació de l'EBAR .....	6
2.2.Cabal EBAR .....	6
2.2.1. Aigües domèstiques.....	6
2.2.3. Aigües d'infiltració i cabals addicionals .....	10
2.2.4. Aigües industrials.....	10
2.2.5. Cabal total.....	10
2.3. Alçada EBAR .....	11
2.3.1. Alçada geomètrica .....	11
2.3.2. Alçada manomètrica .....	12
3.Disseny de l'EBAR.....	14
3.1. Bombes.....	14
3.1.1.Selecció tipus impulsor .....	15
3.1.2.Selecció tipus instal·lació .....	19
3.1.3.Selecció bomba .....	20
3.2.Pou.....	25
3.2.1. Volum i àrea de la fosa humida.....	26
3.2.2. Cambra tranquil·litzadora.....	27
3.2.3. Sòl del pou i distribució bombes.....	30
3.3.Entrada i desbast .....	32
3.3.1.Comporta automàtica.....	32
3.3.2.Reixa desbast .....	35
3.3.Equips elèctrics i electrònics.....	37
3.3.1.PLC .....	37
3.3.2.Variadors de freqüència .....	52
3.3.3.Mesurador de nivell.....	58
3.3.4.Pantalla tàctil .....	61
3.3.5.Ventilació .....	66
3.3.6. Il·luminació.....	67
3.4. Quadre elèctric .....	69

3.4.1. Armari .....	69
3.4.2. Distribució de potència i protecció.....	69
3.4.3. Càlcul secció cables .....	71
3.4.4. Caiguda de tensió .....	73
3.4.5. Valor de la resistència a terra .....	75
3.4.6. Compensació del factor de potencia .....	75
3.4.7. Maniobra.....	76
3.5. Grup electrogen.....	77
3.6. Seguretat.....	79
3.6.1. Analitzador de gasos .....	79
3.6.2. Extintors.....	80
3.6.3. Enllumenat d'emergència.....	80
3.6.4. Tapes.....	81
4. Comunicacions i control remot.....	82
4.1. Comunicació GPRS .....	82
4.1.1. Configuració PLC.....	83
4.1.2. Configuració Mòdem.....	84
4.1.3. Configuració PC.....	86
4.2. SCADA.....	88
4.3. Enviament SMS.....	92
5. Resum del pressupost .....	94
6. Conclusions .....	95
7. Relació de documents .....	96
8. Bibliografia.....	97
9. Glossari .....	98
A1. Programa PLC.....	99
A1.1. Configuració entrades analògiques.....	99
A1.2. Programa bombes .....	101
A1.3. Programa reixa automàtic .....	106
A1.4. Dades .....	108
A1.5. Blocs de funcions nivells .....	111
A1.6. Bloc de funcions freqüència bombes.....	113
A1.7. Bloc de funcions buidar pou.....	115
A1.8. Bloc de funcions invertir bombes.....	122
A1.9. Bloc de funcions sortides analògiques. ....	127

## 1. Introducció

### 1.1. Antecedents

Per tal de poder recollir part de les aigües residuals de la població de Llafranc i fer-les arribar a la depuradora d'aigües residuals (EDAR) de Palamós, és necessari que l'aigua viatgi per gravetat quan l'orografia de la zona ens ho permet, o bé quan hi ha obstacles de desnivells en el recorregut, a través de estacions depuradores d'aigües residuals (EBAR); que ens elevaran l'aigua al nivell necessari per que pugui arribar a la depuradora de destí.

Degut a l'augment de la població en els últims anys en els pobles de la costa brava, principalment en l'època estiuenca i a la gran urbanització de la zona, l'estació de bombeig d'aigua residual de Llafranc pertanyent al municipi de Palafrugell s'ha vist desbordada al rebre més aigua de la que pot impulsar. Les instal·lacions del EBAR de Llafranc actual daten de 1986.

Les instal·lacions actuals han patit un gran desgast al pas dels anys. El quadre elèctric no està hermèticament tancat, ni pressuritzat, i amb l'ambient corrosiu dins l'EBAR produït per les aigües residuals han provocat una gran corrosió en tots els seus components metàl·lics. Els cables de coure de la maniobra pateixen tal corrosió que el nombre d'avaries al pas dels anys ha anat en augment, lo que comporta un cost elevat de manteniment de les instal·lacions en personal i material. No es disposa de cap aparell de control per les arrancades i parades de les bombes, totes les bombes arranquen per arrancada directa o estrella-triangle, amb lo que comporta un desgast elevat en el col·lector d'impulsió de l'EBAR per els cops d'ariet i un consum més elevat. Les bombes s'aixequen manualment amb un ternal manual. El pou està mal dissenyat, el sòl de pou es completament pla, amb lo que comporta acumulacions de sorres en les parts allunyades de les bombes, produint embossos al desplaçar-se aquests sòlids. L'EBAR tampoc disposa de grup electrogen, i en talls puntuals o avaries de la xarxa elèctrica l'aigua residual es abocada directament a la riera posterior a l'EBAR, dirigint-se al mar i travessant la platja de Llafranc. L'EBAR disposa d'una reixa de desbast manual, on un operari s'ocupa de netejar-lo diàriament, en cas d'acumular-se sòlids a la reixa, al tenir menys pas de llum en la reixa, el nivell d'entrada augmenta provocant que l'aigua sobreixi per damunt seu, arrastrant sòlids dins el pou i provocant embossos. L'EBAR disposa d'una comporta manual, que en cas de pluja, al no estar separades les aigües residuals de les pluvials, entra massa aigua a l'EBAR i la sala de vàlvules queda inundada fins que ha s'estabilitza el cabal d'entrada a menys que algú hagi tancat manualment la comporta com a previsió de les pluges. La sala de vàlvules queda completament bruta cada cop que plou, amb la

necessitat d'invertir un temps en netejar-la. L'EBAR tampoc disposa de cap sistema de telecontrol, i el temps de resposta davant avaries no és l'adequat, tenint en compte que està situat en una zona molt turística no es pot donar garantia que en una avaria i pugui haver un abocament no controlat. L'EBAR no disposa de cap mesurador de gas per mesurar la concentració d'oxigen i sulfhídric, tenint que dur cada persona que accedeixi a les instal·lacions de l'EBAR un analitzador de gas portàtil i individual.

## 1.2.Objecte

Per tal de poder garantir que es pugui impulsar l'aigua residual de la població actual, especialment durant l'època d'estiu i assegurar que no hi hagi abocaments no controlats, l'objectiu d'aquest projecte és realitzar la reforma sencera de l'EBAR. Es realitzarà el disseny del pou, la renovació de les bombes adequant-les a les necessitats actuals, el disseny del quadre elèctric i la resta de components necessaris per garantir el seu funcionament (reixa hidràulica, grup electrogen, pantalla tàctil...) i s'implementarà un sistema de telecontrol per garantir la màxima eficàcia en el temps de resposta davant qualsevol avaria.

## 1.3.Especificacions i abast

L'abast del projecte inclou:

Es dissenyarà la substitució de la comporta d'entrada manual per una d'automàtica i la seva programació per tal d'evitar inundacions de la sala de vàlvules, i s'implementarà en la maniobra del quadre elèctric.

Es dissenyarà la substitució de la reixa manual per una reixa automàtica governada per un sistema hidràulic i s'implementarà en la maniobra del quadre elèctric.

Es dissenyarà la instal·lació d'un cargol per compactar els sòlids recollits per la reixa i s'implementarà en la maniobra del quadre elèctric.

Es dissenyarà la modificació del disseny del pou per evitar acumulacions de sòlids en el fons del pou.

Es seleccionaran les bombes necessàries i el model de bomba per complir amb els requisits del bombeig i les necessitats de la zona.

Es seleccionaran i dissenyarà la caldereria i les vàlvules d'impulsió.

Es dissenyarà el quadre elèctric.

Es dissenyarà l'instal·lació d'un grup electrogen i s'implementarà en la maniobra al quadre elèctric.

S'implementarà en l'automatització del quadre elèctric el control de nivell del pou a través d'un sistema de mesura de distància per ultrasò.

Es dissenyarà el programa del PLC del quadre elèctric.

Es dissenyarà el programa de la pantalla tàctil del quadre elèctric.

Es programaran els variadors de freqüència.

Es dissenyarà l'instal·lació d'un sistema de pressurització del quadre elèctric

S'implementarà un sistema de comunicació GPRS entre un SCADA i l'EBAR.

Es dissenyarà un SCADA per poder controlar remotament l'EBAR.

Es dissenyarà un sistema de comunicació GSM per avisar als responsables de manteniment de les instal·lacions de les avaries.

S'implementarà un sistema de seguretat personal per a la detecció de gasos nocius i falta d'oxigen.

## 2. Situació i especificacions de l'EBAR

### 2.1. Situació de l'EBAR

Llafranc és una entitat de població que pertany al municipi de Palafrugell. Està situat a plena costa, al costat de Calella de Palafrugell.

Durant la dècada dels 90 la població ha augmentat considerablement i durant el final dels 90 fins el 2007 hi ha hagut un augment molt important en la urbanització en tota la costa brava, especialment en les poblacions costeres.

L'EBAR es troba situat a la plaça Jaume I, entre una zona d'aparcament de cotxes i una riera.

Aquest EBAR impulsa a un altre EBAR que recull les aigües residuals de Calella de Palafrugell, i aquest altre ja directa a la EDAR de Palamós.



Figura 1: Situació EBAR de Llafranc.

### 2.2. Cabal EBAR

Per fer un càlcul aproximat de l'aigua residual a impulsar, s'ha de separar el càlcul de les diferents aigües residuals que podem trobar. El tipus d'aigua que es consideren aigües residuals són les següents: Pluvials, infiltració i cabals addicionals, grises, negres i industrials.

#### 2.2.1. Aigües domèstiques

Les aigües domèstiques es poden dividir en aigües grises i aigües negres. Les aigües grises són les aigües generades per els processos domèstics com dutxes, rentaplats, rentadores, etc. Mentre que les aigües negres són les procedents dels retrets. Per

determinar el càlcul de cabals no les separarem ja que no es disposa d'una xarxa d'aigües grises i negres independents.

Llafranc és una població molt turística de la costa brava, durant l'època de temporada baixa, la població de Llafranc disminueix a 317 habitants, mentre que en temporada alta augmenta a 4.200 habitants. S'ha de tenir en compte el nombre d'habitants fixes i puntes màximes durant l'època d'estiu per tal de calcular aproximadament el disseny de l'EBAR depenent dels metres cúbics que ha d'impulsar.

Es pot considerar aproximadament que cada persona produeix uns 210 litres d'aigües residuals per dia.

$$I_{\text{total}} = I \cdot \text{habitants} \cdot \text{dia} \quad (\text{Eq.1})$$

Durant el hivern tenim uns residus aproximats de:

$$I_{\text{total}} = 210l \cdot 317 \text{habitants} \cdot 1 \text{dia} \quad (\text{Eq.2})$$

$$I_{\text{total}} = 66.570l/\text{dia} \quad (\text{Eq.3})$$

I aquests litres els passem a  $m^3/h$  de mitjana, tenim que al dia l'EBAR ha d'impulsar  $2,7m^3/h$  ( $64,8m^3/\text{dia}$ ).

Durant l'estiu tenim uns residus aproximats de:

$$I_{\text{total}} = 210l \cdot 4.200 \text{habitants} \cdot 1 \text{dia} \quad (\text{Eq.4})$$

$$I_{\text{total}} = 882.000l/\text{dia} \quad (\text{Eq.5})$$

I aquests litres els passem a  $m^3/h$  de mitjana, tenim que al dia l'EBAR ha d'impulsar  $36,75m^3/h$  ( $882m^3/\text{dia}$ ).

No es tenen en compte altres establiments com hotels, restaurants, bars, etc. Ja s'ha inclòs a tots els habitants, tant de residències com d'hotels o altres establiments, als 4200 habitants.

Tenint en compte que aquests cabal es de mitjana durant les 24 hores del dia, i que el consum més elevat es produeix durant les 8 del matí fins a les 10 de la nit, tenint la punta més elevada al migdia, utilitzarem la fórmula de Harman per trobar els coeficients de cabal punta més aproximats.

$$C_p = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}} \quad (\text{Eq.6})$$

On  $p$  és el nombre de milers d'habitants.

$$C_{p\text{hivern}} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{0,317}} = 4,06 \quad (\text{Eq.7})$$

$$C_{p\text{estiu}} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{4,2}} = 3,31 \quad (\text{Eq.8})$$

Per tant amb els dos coeficients de cabals punta màxims determinem que a l'hivern tindrem un cabal punta màxim de  $10,96m^3/h$  i a l'estiu de  $121,64m^3/h$ .



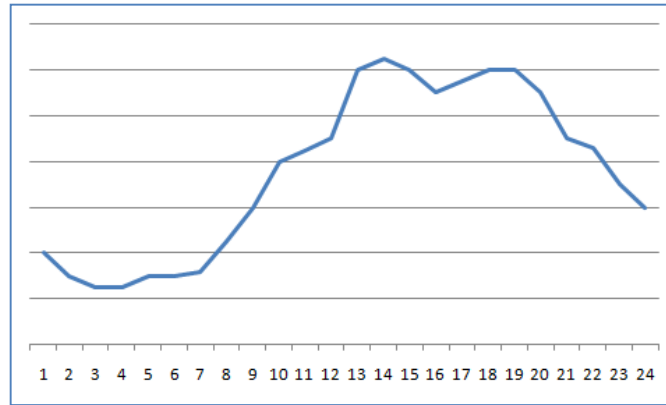


Figura 2: Distribució horària del cabal d'entrada de l'EBAR.

	Hivern	Estiu
Cabal punta d'aigües residuals(m <sup>3</sup> /h)	10,96	121,64
Cabal d'aigües residuals(m <sup>3</sup> /dia)	64,8	882

Taula 1: Relació cabals estiu/hivern a Llafranc

### 2.2.2. Aigües pluvials

Les aigües pluvials són les procedents de les pluges. A Llafranc, el sistema de clavegueram no separa les aigües pluvials de les grises i negres. Aquest és un problema que no es va tenir en compte al crear un sistema de clavegueram a Llafranc. Aquest problema el trobem a quasi totes les poblacions de Girona. Aquest fet ens provoca que durant els dies de pluja, la gran quantitat d'aigua instantània que ha d'impulsar l'EBAR és més gran que el cabal de disseny de l'EBAR, per tant l'aigua acaba sortint per sobreeixidors controlats a rieres o impulsats a mar. No és correcta dissenyar un EBAR per impulsar un cabal 10 vegades més elevat per moments puntuals. Així mateix les depuradores estan pensades per tractar un cabal determinat, si l'aigua d'entrada a la depuradora és superior al cabal de disseny, no es pot depurar l'aigua correctament, ni rebre massa quantitat d'aigua, ja que comportaria en una descompensació del procés biològic i una recuperació no immediata dels bacteris que duen a terme el procés. Per tant no les podem tenir del tot en compte a l'hora de dissenyar la EBAR, però sí fer una previsió en el disseny.

Segons les dades meteorològiques obtingudes en els últims anys podem conèixer la distribució de les pluges.

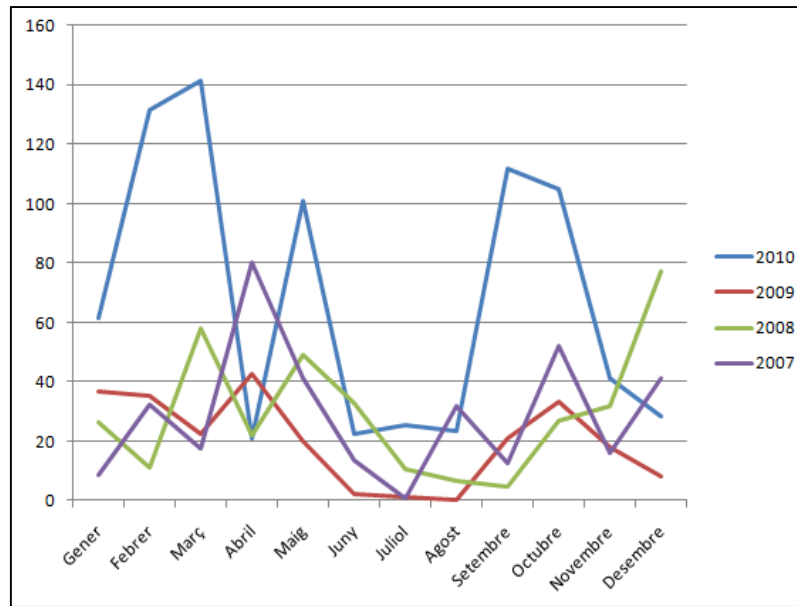


Figura 3: Pluges per mesos en mm en els darrers 4 anys a la població de LLafranc.

Es pot comprovar com l'època d'estiu, la de més cabal d'aigües residuals per el nombre d'habitants, és a la vegada l'època de menys pluges, això afavoreix al disseny del bombeig.

També es pot observar com el percentatge més gran de pluges al municipi, es tracta de pluges de menys de 5mm. I en la mateixa proporció trobem les pluges de entre 5 i 50mm, que son dies puntuals i no comuns.

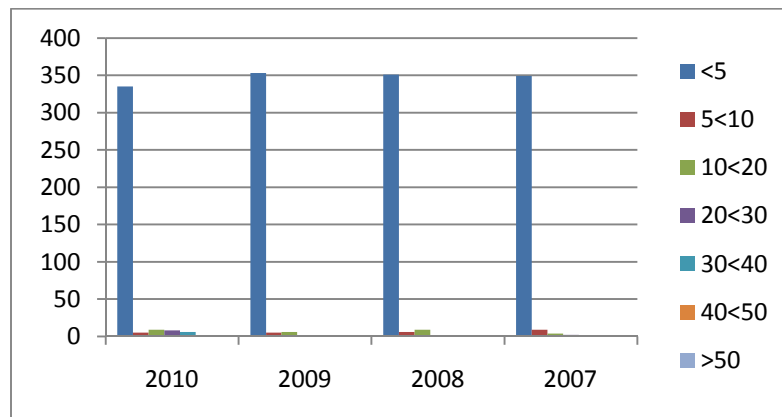


Figura 4: Dies de l'any classificats per mm de precipitació a Llafranc

Per fer un càlcul estimat, utilitzarem la fórmula:

$$Q = \varphi \cdot I \cdot S \quad (\text{Eq.9})$$

On

Q: Cabal de càlcul de l'aigua no absorbida per el terreny.

$\varphi$ : coeficient de l'aigua no absorbida.

I: Intensitat mitja de pluja per una freqüència i duració en l/s-ha.

S: Superfície total de la zona en ha.

El coeficient de l'aigua no absorbida per el terreny agafarem el valor mig de 0,3 per zones residencials d'edificis aïllats. La superfície en ha serà de 150ha. I la intensitat de pluja aproximadament tenim que per una pluja de 20mm en un dia (24 h) en la superfície de 150ha de Llafranc, tenim una  $I=2,3$  l/s ·ha

$$Q = 0,3 \cdot 2,3 \cdot 150 = 103,5 \text{ l/s} \quad (\text{Eq.10})$$

Aquest resultat convertit en  $\text{m}^3/\text{h}$ , tenim  $372,6 \text{ m}^3/\text{h}$ . Aquest cabal el podem considerar un cabal punta ideal, ja que part de l'aigua de pluja anirà directa al mar, o per la riera que travessa Llafranc. Per saber un cabal més real acceptat per el clavegueram el multiplicarem per un factor de 0,6. Així tindrem un cabal de  $223,56 \text{ m}^3/\text{h}$ .

#### 2.2.3. Aigües d'infiltració i cabals addicionals

Les aigües d'infiltració són les aigües que penetren en el sistema de clavegueram a través dels desperfectes de l'instal·lació, pèrdues en connexions de col·lectors o caldereries, i cabals addicionals procedents de abocaments no controlats, mals disseny del sistema que permeten a diferents tipus d'aigües com marines o de rieres entrar al sistema de clavegueram, etc.

Aquests tipus d'aigües no les tindrem en compte en cap cas per el disseny de l' EBAR.

#### 2.2.4. Aigües industrials

Són aigües provinents de les indústries, tenen unes característiques molt específiques depenent de la procedència. Tampoc les tindrem en compte ja que no hi ha indústries a la població de Llafranc.

#### 2.2.5. Cabal total

Tenim en compte només el cabal d'aigües domèstiques i pluvials. Per tant tenim un cabal puntual a impulsar de  $10,96 \text{ m}^3/\text{h}$  al hivern i  $121,64 \text{ m}^3/\text{h}$  a l'estiu. A més tenim un cabal de pluvials mitjà en dies de pluja de  $223,56 \text{ m}^3/\text{h}$

Per tant tenim un cabal mínim de  $10,96 \text{ m}^3/\text{h}$  i un màxim de  $345,2 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Aquest cabal ens dóna una idea clara de la necessitat de dos tipus de bomba, unes per el hivern i les altres per l'estiu i dies de pluja.

S'ha de tenir en compte que aquest cabal queda limitat per el cabal que pot impulsar l'EBAR de Calella de Palafrugell.

### 2.3. Alçada EBAR

La impulsió de l'EBAR és de ferro fos, té l'edat del EBAR Actual i no ha provocat cap incidència de col·lector durant aquest temps, s'aprofitarà el mateix col·lector. Es tracta d'un col·lector de 315mm.

El recorregut del col·lector es va realitzar amb tres trams rectes i dos colzes de 90°. Al final del tercer tram, el col·lector trenca càrrega i baixa l'aigua per gravetat a l'EBAR de Calella de Palafrugell.

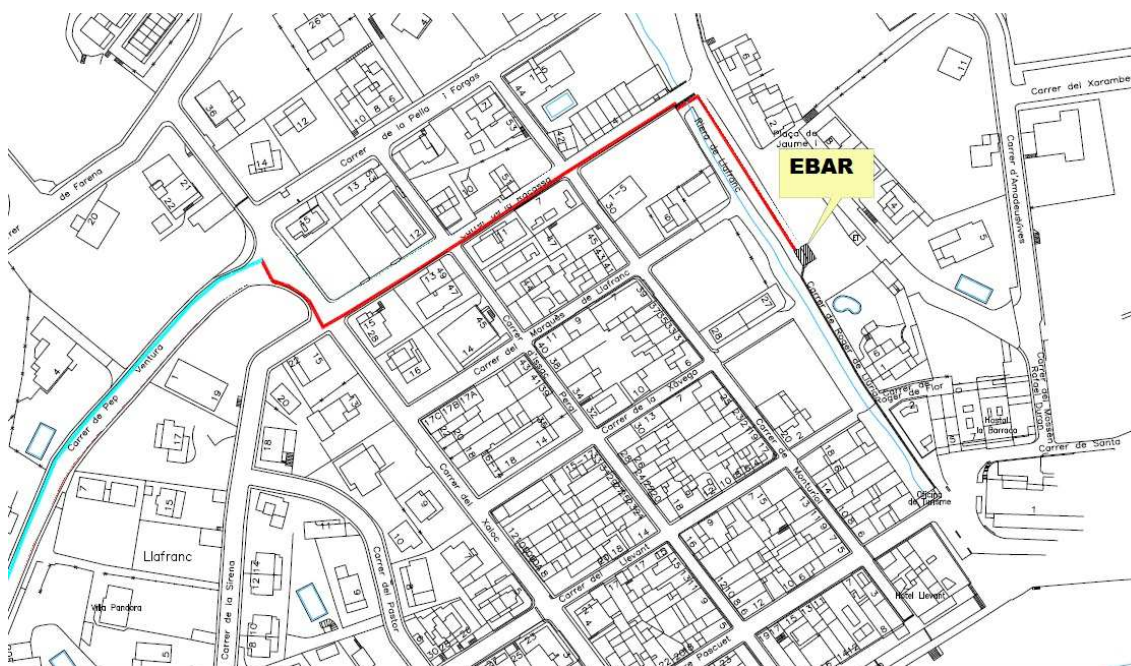


Figura 5: Situació del col·lector de l'EBAR. En vermell el tram d'impulsió en alta, i en blau el tram en baixa.

A l'hora de dissenyar el bombament, i seleccionar la bomba més adequada necessitem saber l'alçada geomètrica i l'alçada manomètrica.

#### 2.3.1. Alçada geomètrica

L'alçada geomètrica és la diferència d'alçada des de la bomba fins on trenca càrrega la impulsió de la bomba. La part més baixa del pou està situada a -1,07m sobre el nivell

del mar. El punt on la impulsió trenca càrrega està situat a 27,35m sobre el nivell del mar. Tenim en compte que el nivell d'aspiració de la bomba submergible serà 400mm per sobre el nivell del sòl del pou.

$$H_i = H_{\max} - H_{\min} \quad (\text{Eq.11})$$

$$H_i = 27,35 - (-1,07 + 0,4) = 28,02\text{m} \quad (\text{Eq.12})$$

Tenim una alçada geomètrica de 28,02m

### 2.3.2. Alçada manomètrica

L'alçada manomètrica és la suma de l'alçada geomètrica més les pèrdues de càrrega produïdes en l'impulsió.

En l'impulsió individual de cada bomba tenim 2 colzes de 90° amb DN100, una vàlvula de tall i una vàlvula de retenció. S'ajunta aquesta impulsió al col·lector principal amb un angle de 90° i una reducció de DN100 a DN315. El col·lector principal té 4 colzes de 90° i una vàlvula de tall.

Descripció	DN	Metres equivalents	Unitats	Metres
Colze	100	3	2	6
Vàlvula tall	100	1	1	1
Vàlvula retenció	100	16	1	16
Reducció	100 a 315	0,81	1	0,81
Colze	315	6	4	24
Impulsió	315	1	290	290
			<b>Total</b>	<b>337,81</b>

Taula 2: Taula equivalències en metres del col·lector d'impulsió i els accessoris.

Per calcular la perduda de càrrega en el col·lector necessitem saber el coeficient corrector de la caldereria.

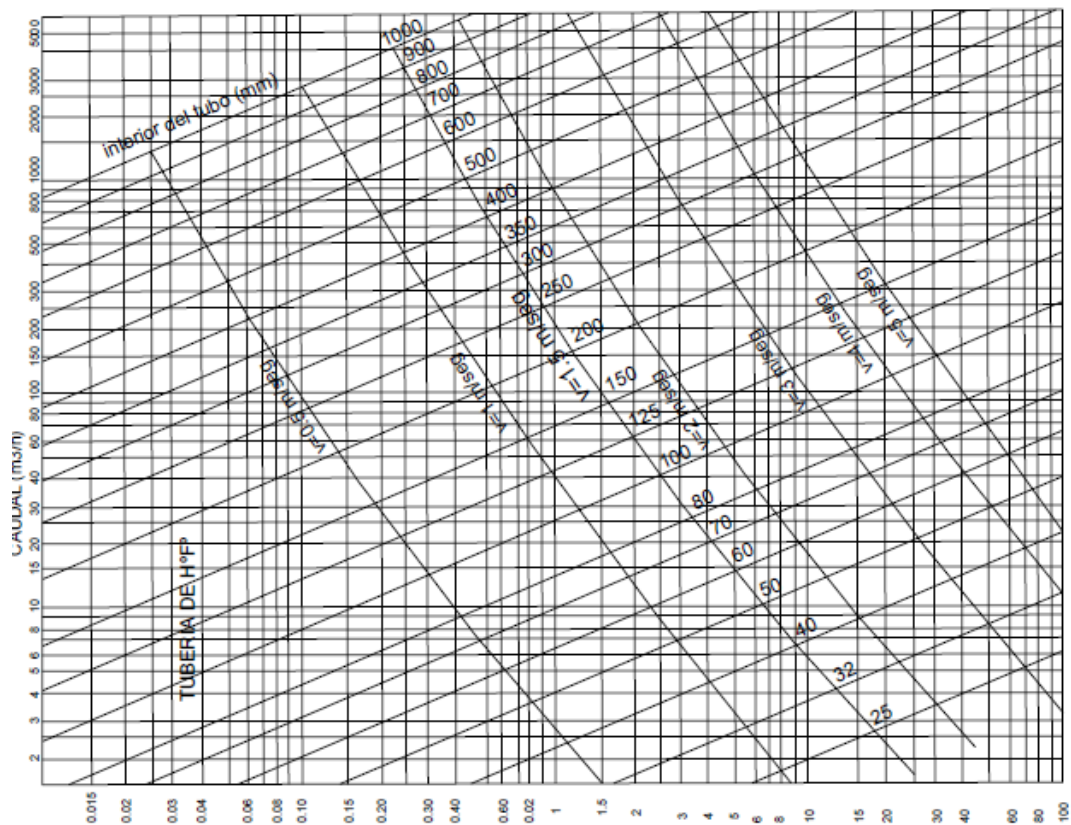


Figura 6: Pèrdues de càrrega en caldereries de ferro fos.

Tenint un DN315 i uns cabals màxims de  $345\text{m}^3/\text{h}$ , tindrem una pèrdua de càrrega de 0,6 per cada 100m. Així obtenim unes pèrdues de càrrega en la impulsió de 2m.

$$P_{ci} = \frac{0,6 \cdot 337,81}{100} = 2\text{m} \quad (\text{Eq.13})$$

La altura manomètrica la obtenim a partir de

$$H_m = H_g + P_{ci} \quad (\text{Eq.14})$$

$$H_m = 28,02 + 2 = 30,02\text{m} \quad (\text{Eq.15})$$

Agafem una altura de seguretat del 5%

$$H_{seg} = \frac{5 \cdot 30,02}{100} = 1,5\text{m} \quad (\text{Eq.16})$$

Considerem que tenim una altura manomètrica de 31,52m.

### 3. Disseny de l'EBAR

#### 3.1. Bombes

Un dels factors més decisius i importants per el bon funcionament de l'EBAR serà la selecció de les bombes. Hi ha molts tipus de bombes per aigües residuals, amb diferents impulsors amb característiques molt diferents i amb diferents tipus d'instal·lació (submergibles, exteriors, etc.).



Figura 7: Secció d'una bomba submergible.

Com podem veure en la figura 7, la bomba submergible consta de dos parts, la part elèctrica i la part hidràulica. La part elèctrica és la part superior, composta d'un motor elèctric amb un eix acoblat a la part hidràulica, i una entrada amb bornes del cable d'alimentació de la bomba. La part hidràulica consta d'un impulsor dins la voluta, amb una part d'acoblament a la caldereria d'impulsió. Les dues parts estan unides amb unes tanques mecàniques per evitar l'entrada d'aigua de la part hidràulica a la part elèctrica. Aquest és un dels principals problemes que tenen les bombes submergibles, per això se'ls hi ha de fer un manteniment permanent. A l'exterior del bobinat hi acostuma a haver una cambra d'oli per refrigerar la bomba, també es pot refrigerar per una recirculació interna d'una part de l'aigua impulsada, però en cas d'aigües residuals serà més convenient fer-ho amb oli.

Per la selecció de la bomba adient per l'EBAR, ens centrem en els models de bombes per aigües residuals del fabricant Flygt per raons de qualitat/preu. Té un ampli catàleg de bombes per aigua residual.

### 3.1.1. Selecció tipus impulsor

El fabricant FLYGT ens dona diferents tipus d'impulsor amb característiques diferents.



Figura 8: Impulsor tipus B

L'impulsor de la figura 8 és un impulsor tancat, d'un o varis canals, per líquids que continguin sòlids en suspensió, especialment dissenyat per aigües residuals urbanes.

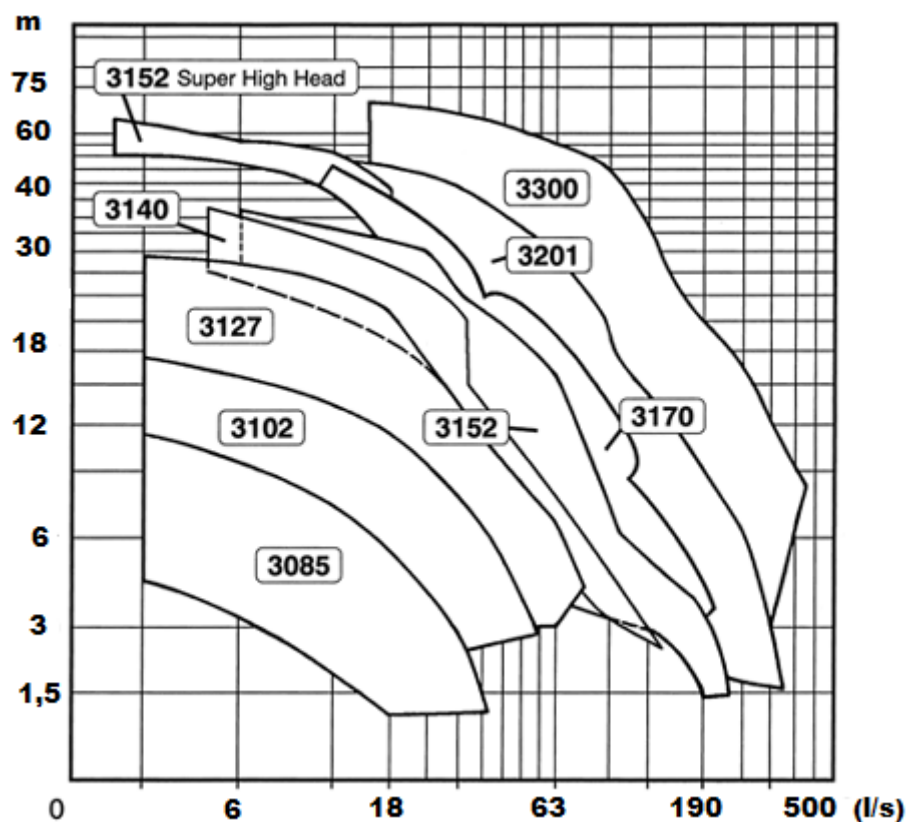


Figura 9: Corbes de cabal i altura dels diferents models de bombes Flygt amb impulsor tipus B.

L'impulsor de la figura 10 és un impulsor "vortex" per líquids que continguin grans sòlids, fangs o fibres llargues.





Figura 10: Impulsor tipus D

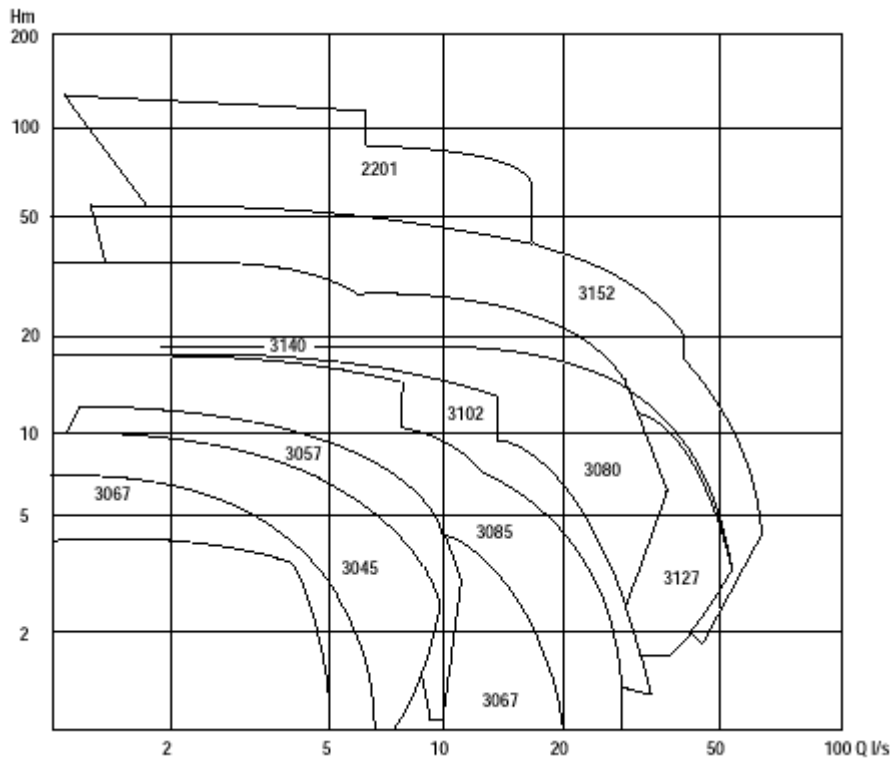


Figura 11: Corbes de cabal i altura dels diferents models de bombes Flygt amb impulsor tipus D.

L'impulsor de la figura 12 és un impulsor obert amb cantonades tallants. Pot treballar amb líquids que continguin fibres llargues.



Figura 12: Impulsor tipus F

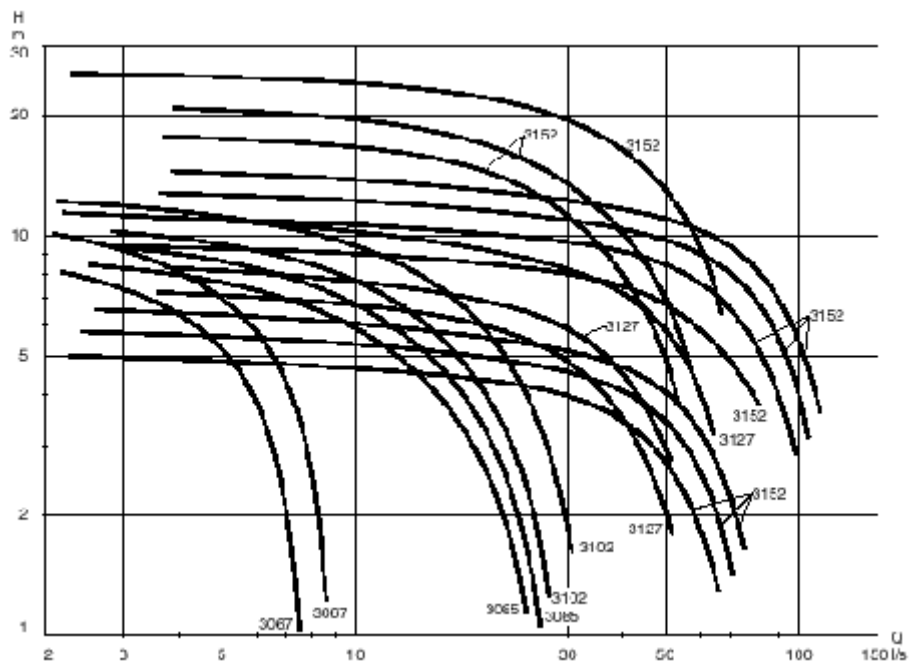


Figura 13: Corbes de cabal i altura dels diferents models de bombes Flygt amb impulsor tipus F.

L'impulsor de la figura 14 és un impulsor semi obert, d'un o més canals, fabricat amb un aliatge d'acer cromat resistent a l'abradió. Més utilitzat en la mineria però també pot ser utilitzat en l'aigua residual.

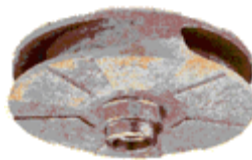


Figura 14: Impulsor tipus H

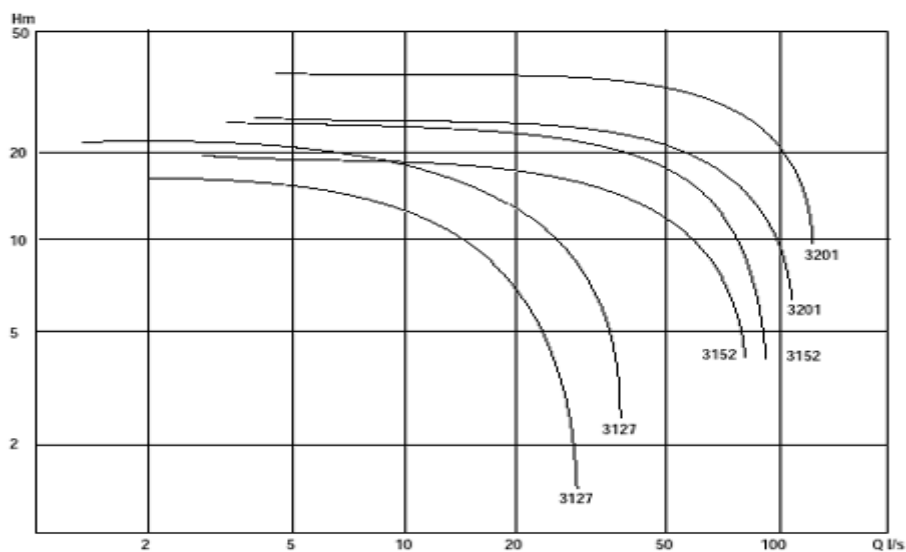


Figura 15: Corbes de cabal i altura dels diferents models de bombes Flygt amb impulsor tipus H.

L'impulsor de la figura 16 és un impulsor de tipus M. És un impulsor semi obert, amb varis àleps i una mola trituradora. S'utilitza per líquids que continguin sòlids i fibres, reduint les partícules a diàmetres de 5 i 15mm.



Figura 16: Impulsor tipus M

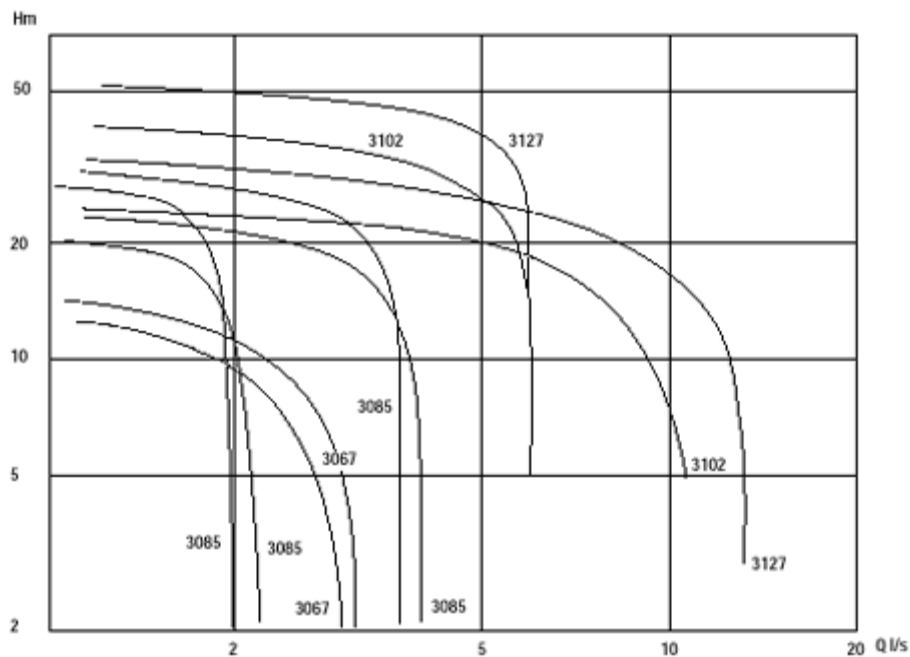


Figura 17: Corbes de cabal i altura dels diferents models de bombes Flygt amb impulsor tipus H.

L'impulsor tipus N és un impulsor semi obert, de dos àleps, amb canal especial per embussaments. És el disseny més modern per bombejar aigua residual. Té grans propietats contra embussaments.



Figura 18: Impulsor tipus N

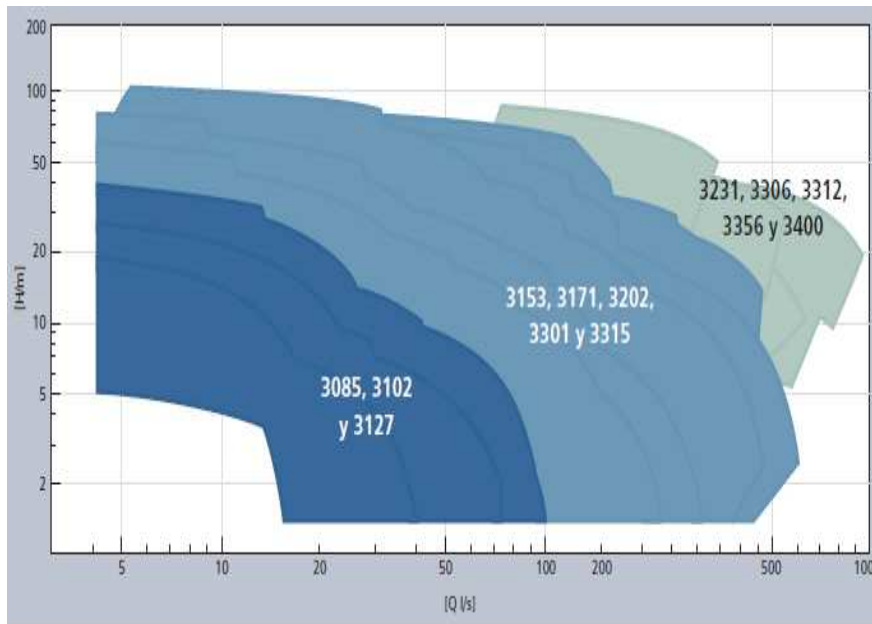


Figura 19: Corbes de cabal i altura dels diferents models de bombes Flygt amb impulsor tipus N.

S'ha seleccionat l'impulsor tipus N com el més adequat per la instal·lació ja que està especialment dissenyat per aigües residuals i incorpora un nou sistema innovador per tal de evitar embussaments en les bombes. Disposa d'un sistema automàtic de neteja de l'impulsor per evitar embussaments. L'impulsor és capaç de desplaçar-se verticalment per tal de deixar passar sòlids grans que pugui aspirar. Un dels principals problemes en les bombes d'aigües residuals, són els embussaments deguts a les fibres i sòlids en suspensió en aquestes aigües. Això comporta temps i diners en els processos de desembussar i en el desgast que això suposa en la bomba, ja que hi ha sobre consums per l'embussada provocant la actuació de les proteccions tèrmiques de la bomba i el sobre escalfament del bobinat.

### 3.1.2. Selecció tipus instal·lació

Hi ha diferents tipus d'instal·lació de les bombes. El fabricant Flygt per el model d'impulsor N que s'ha elegit, dóna la possibilitat d'elegir diferents tipus d'instal·lació.

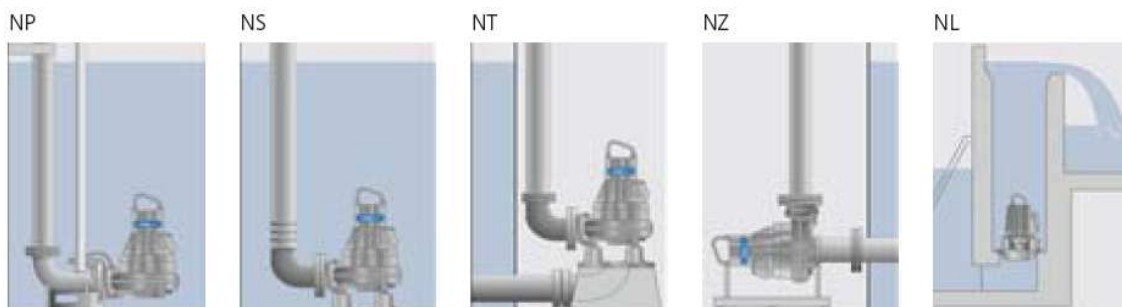


Figura 20: Tipus instal·lacions per el model d'impulsor N.

Hi ha dos versions d'instal·lació de bombes submergibles, dos de bomba en cambra seca, i una d'instal·lació en columna. Per el disseny de l'EBAR s'ha optat per la versió NP. La versió NP es una versió de bomba submergible, instal·lada sobre un sòcol a la base del pou, amb unes guies de subjecció per poder pujar i baixar la bomba des de la superfície sense necessitat d'intervenir manualment en la part inferior en la instal·lació de la bomba. Això permetrà poder maniobrar, treure, posar o desembussar la bomba sense necessitat de buidar el pou, simplement pujant la bomba a la superfície. Per la instal·lació existent de l'EBAR, no permet posar unes bombes de cambra seca, no hi ha una dimensió estructural que ho permeti.

### 3.1.3. Selecció bomba

Per seleccionar la bomba adient a la instal·lació, s'han utilitzat les dades anteriorment obtingudes. Cada model de bomba té unes corbes característiques del seu punt de funcionament en relació el cabal a impulsar i l'alçada a la que impulsaran aquest cabal. Les condicions a tenir en compte són:

Altura manomètrica	31,52m
Altura geomètrica	28,02m
Cabal mínim	10,96m <sup>3</sup> /h
Cabal màxim	121,64m <sup>3</sup> /h
Cabal màxim excepcional	345,2m <sup>3</sup> /h

Taula 3: Condicions selecció bomba.

Segons aquestes especificacions, revisant totes les versions de bombes Flygt, ens centrem en les bombes de capacitat mitja. Amb capacitat mitja ens referim a les bombes amb un cabal i altura semblants englobades en un mateix grup com es pot mostrar en la figura 21.

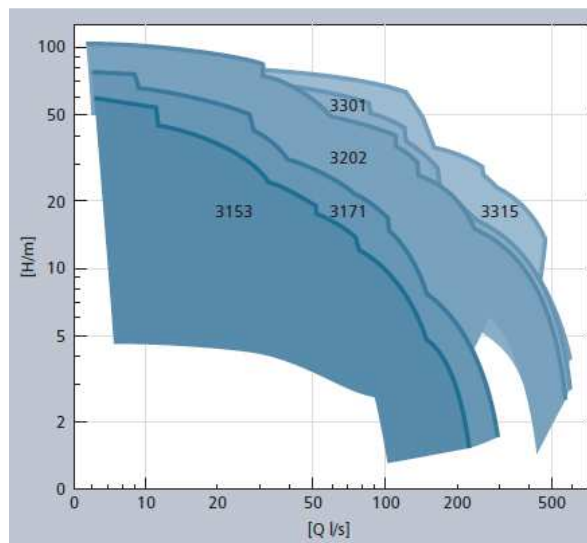


Figura 21: Corba de funció de bombes Flygt amb impulsor tipus N i de capacitat mitja.

L'EBAR constarà d'un funcionament de bombes 2+1. Això significa que l'EBAR estarà pensat per treballar amb una sola bomba per un nivell en condicions normals, i una altre bomba per condicions de més cabal a impulsar. La tercera bomba serà una bomba de recanvi, instal·lada dins el pou i funcionant alternadament com les altres, però com a funcionament màxim de dues bombes simultàniament.

Per les especificacions anteriors s'ha seleccionat la següent bomba:

Flygt NP-3202-180-HT

Aquesta bomba s'ha seleccionat el model amb el número de corba 53-456-00-4050, que és la corba que compleix les condicions calculades.

Les característiques de la bomba són les següents:

Flygt	Model	NP-3202-HT	
	Nº corba	53-456-00-4050	
Impulsor	Tipus	N	
	Nº de pales	2	
	Diàmetre sortida	100,0mm	
Motor	Freqüència	50 Hz	
	Fases	3	
	Pols	4	
	Refrigeració	No	
	Motor	30-29-4AA	
	Potència cons.	45,0kW	
	Instal·lacions	PSTZ	
	Tipus treball	S1	
	Arrancades màx.	30	
	Temperatura màx.	40°C/104°F	
Connexionat motor		Opció 1	Opció 2
	Voltatge	690V	400V
	Connexió	Y	D
	Corrent	46A	79A
	Arrancada	310A	540A
	Factor pot.	0,89	0,89
	Velocitat	1475rpm	1475rpm

Taula 4: Taula de característiques de la bomba Flygt NP-3202-HT

Aquesta bomba té una corba de funcionament com la mostrada la següent imatge 22.

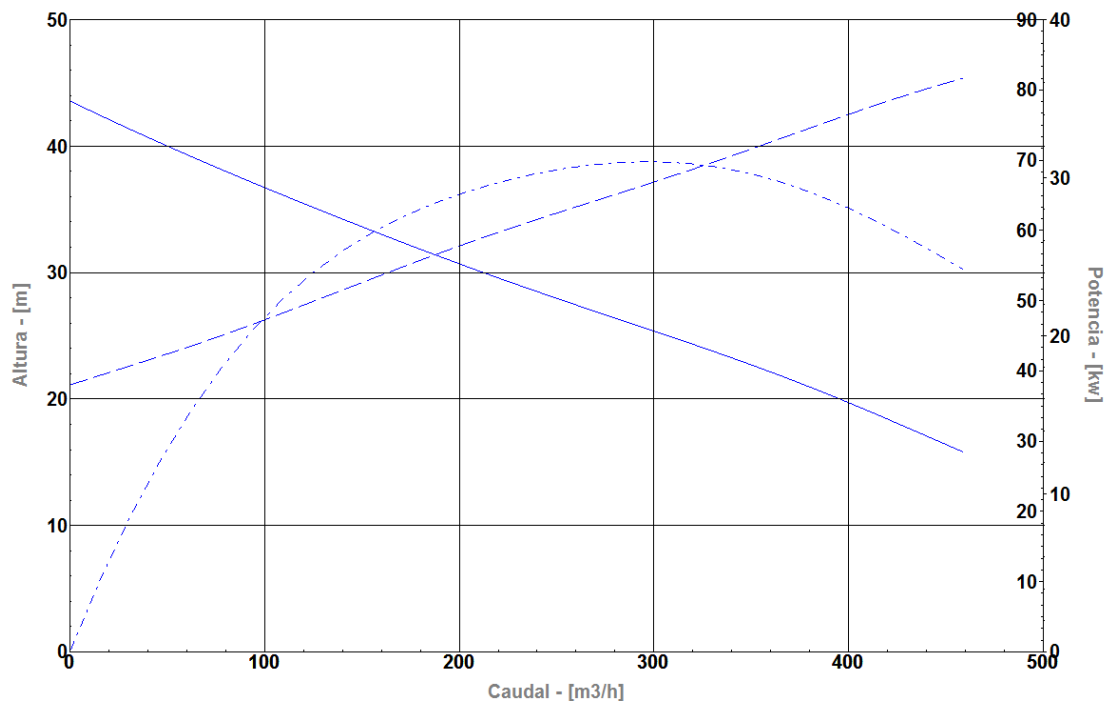


Figura 22: Característiques de la corba de funcionament nº53-456-00-4050

En aquesta corba podem comprovar el punt de funcionament de treball de la bomba. Amb línia contínua tenim la relació d'altura d'impulsió en metres en relació amb el cabal que impulsarà la bomba en  $m^3/h$ . Com menys alçada més cabal podrà impulsar. També podem observar en el punt de funcionament que triem, la potència hidràulica de la bomba en línia i el seu rendiment. El rendiment màxim de la bomba seria en la condició d'una alçada d'impulsió de 26m amb un cabal impulsat de  $298m^3/h$ . Aquesta corba variarà depenent del funcionament de la bomba, si funciona individualment o estan funcionant dues bombes simultàniament.

Per les condicions normals de funcionament d'una sola bomba, tenim la següent corba característica:

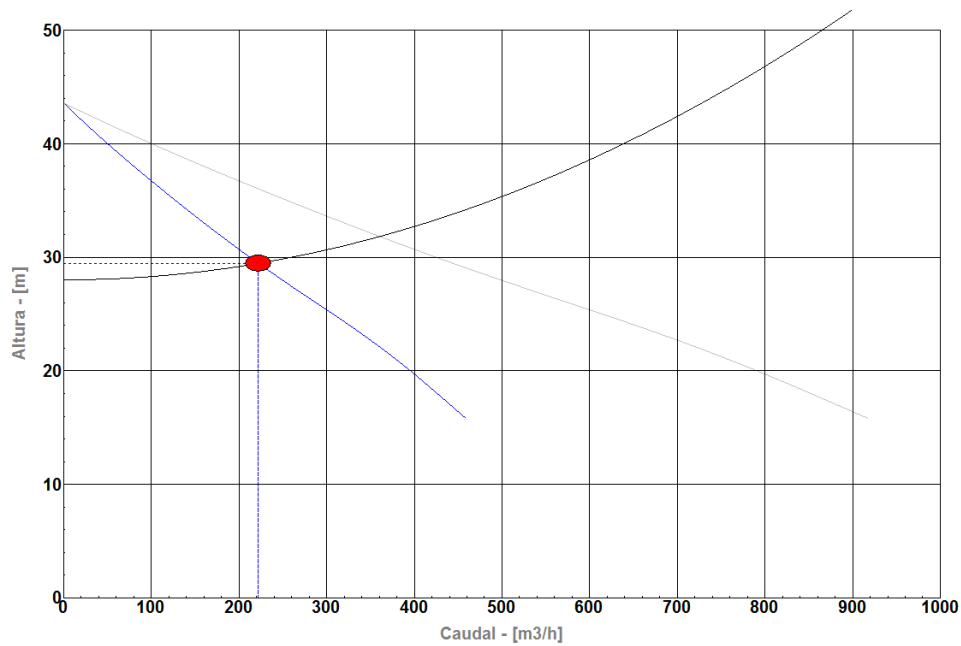


Figura 23: Característiques de la corba de funcionament n°53-456-00-4050 amb una sola bomba en funcionament

Tindrem un cabal de  $222,2\text{m}^3/\text{h}$  per una altura de  $31,8\text{m}$ . Amb un consum de  $24,7\text{kW}$  i un rendiment hidràulic del  $72,1\%$ . L'energia consumida serà de  $0,1198\text{kWh}/\text{m}^3$ .

En el cas de tenir dos bombes funcionant en paral·lel la corba varia.

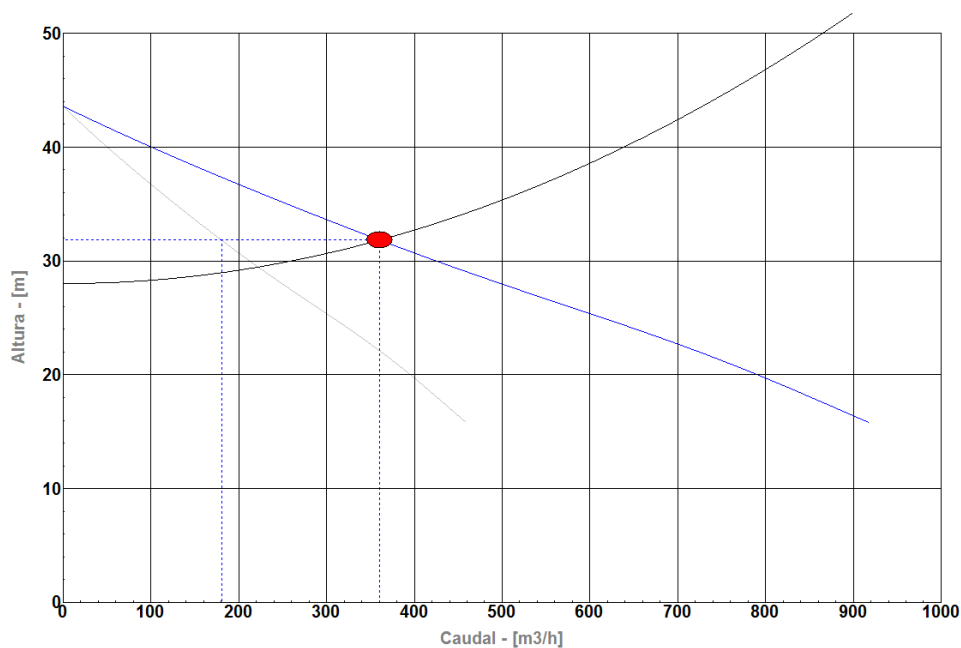


Figura 24: Característiques de la corba de funcionament n°53-456-00-4050 amb dos bombes en funcionament

Amb dos bombes en funcionament tindrem un cabal de  $360,7\text{m}^3/\text{h}$  per una alçada de  $31,8\text{m}$  amb una potència hidràulica de  $46\text{kW}$  i un rendiment hidràulic del  $68\%$ . L'energia consumida serà de  $0,1374\text{kWh}/\text{m}^3$ . El funcionament individual de les bombes



en funcionament de dos bombes simultàniament serà de  $180,3\text{m}^3/\text{h}$  a una altura de  $31,8\text{m}$  amb una potència hidràulica de  $23\text{kW}$  i un rendiment hidràulic del  $68\%$ .

Nº bombes funcionant	Característica	Valor	
		Individual	Conjunt
1 bomba	Cabal	$222,2\text{m}^3/\text{h}$	
	Altura	$31,8\text{m}$	
	Potència hidràulica	$24,7\text{kW}$	
	Rendiment hidràulic	$72,1\%$	
	Energia específica	$0,1198\text{kWh}/\text{m}^3$	
2 bombes	Cabal	$180,3\text{m}^3/\text{h}$	$360,7\text{m}^3/\text{h}$
	Altura	$31,8\text{m}$	$31,8\text{m}$
	Potència hidràulica	$23\text{kW}$	$46\text{kW}$
	Rendiment hidràulic	$68\%$	$68\%$
	Energia específica	$0,1374\text{kWh}/\text{m}^3$	$0,1374\text{kWh}/\text{m}^3$

Taula 5: Taula de característiques de les bombes en funció del funcionament individual o de dos bombes en paral·lel.

Es pot observar com el rendiment de la bomba disminueix al funcionar en paral·lel amb una altra bomba amb lo que comporta una energia més elevada per transporta una mateixa quantitat d'aigua. Quan hi ha una sola bomba funcionant, estarà impulsant  $222,2\text{m}^3/\text{h}$  d'aigua mentre que en paral·lel cadascuna només impulsarà  $180,3\text{m}^3/\text{h}$ . Per aquest motiu s'ha dissenyat l'EBAR per funcionar en funcionament normal amb una sola bomba i només entrarà en funcionament una segona bomba els pocs dies de més afluència d'aigua o en cas d'embussament d'una bomba.

Aquesta corba també variarà amb la freqüència, com que es vol regular la freqüència de la bomba per laminar l'aigua impulsada ja que aquesta és impulsada a un altre EBAR, es tindrà en compte les variacions de cabal i rendiments en funció de la freqüència.

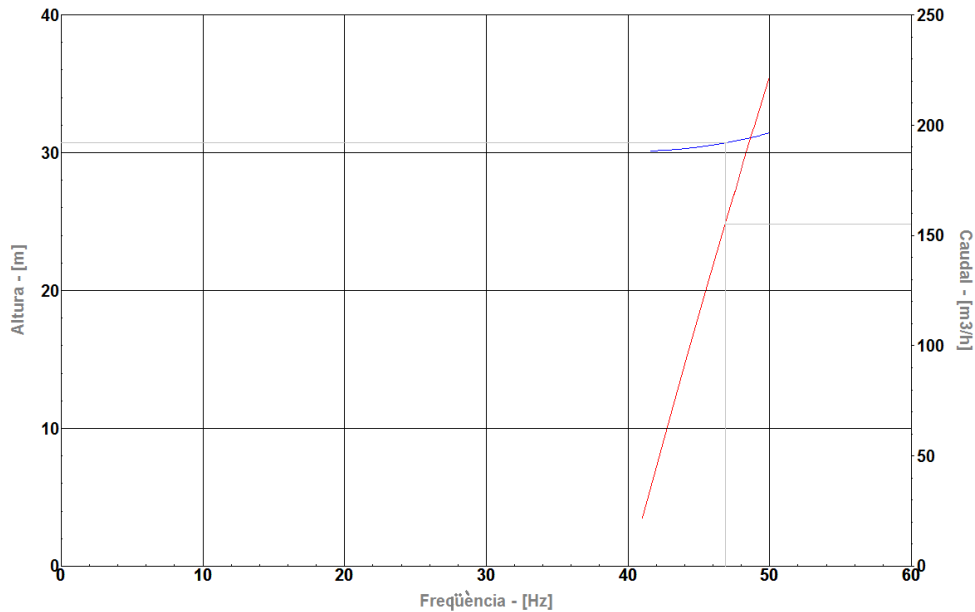


Figura 25: Relació cabal i altura en funció de la freqüència de funcionament de la bomba.

En la figura 24 podem observar la variació del cabal i l'altura que ens donarà la bomba en funció de la freqüència d'alimentació de la bomba. Per poder treballar amb les condicions de l'EBAR es pot comprovar com la freqüència mínima de treball de les bombes serà de 46,6Hz. Aquesta freqüència serà la mínima per poder impulsar l'aigua a una altura de 31,8m, amb un cabal de 155m<sup>3</sup>/h. Per tant tenim una variació de 67,2m<sup>3</sup>/h per una variació de 3,4Hz.

### 3.2.Pou

Un factor decisiu per el bon funcionament del bombeig és un bon disseny hidrodinàmic. Per dissenyar correctament el pou, s'ha de dimensionar a les necessitats de les que disposem, un pou massa petit ocasionarà un gran nombre d'arrencades de les bombes, reduint la seva vida útil i provocant costos directes i indirectes; i un pou massa gran provocarà un temps de permanència més gran de l'aigua residual, amb els problemes relacionats d'olor, gasos nocius, etc. També importarà l'entrada de l'aigua al pou, com més suau entri menys problemes tindrem tant d'olors, com d'evitar introduir oxigen a l'aigua i posteriorment impulsar l'oxigen desgastant les bombes, col·lectors, etc.

En aquest projecte el pou ja el tenim construït, es durà a terme la modificació del pou per tal d'ajustar-lo a les noves necessitats i als nous requisits dels quals volem disposar.

### 3.2.1. Volum i àrea de la fosa humida

Un valor de volum màxim per el bon funcionament de l'EBAR serà aquell que amb la superfície d'àrea correctament dissenyada treballem entre 1m i 2m de nivell. Treballant entre aquesta alçada evitarem acumulació de sòlids i mals olors. Aquesta alçada estarà relacionada amb els nivells de marxa i aturada de les bombes.

El volum total del pou es pot calcular a través de la següent formula:

$$V = \frac{0,9 \cdot Q_e}{Z} \quad (\text{Eq.17})$$

V= Volum de la fosa humida.

Qe=Cabal impulsat per dos bombes en l/s.

Z= Nombre de arrancades màxim en una hora.

Es vol tenir una mitjana de dos arrancades per hora, i el cabal de la bomba individual és de 222,2m<sup>3</sup>/h (61,72 l/s), per tant tenim

$$V = \frac{0,9 \cdot 61,72}{2} = 27,744\text{m}^3 \quad (\text{Eq.18})$$

Els nivell de treball de les bombes per un bon funcionament els tindrem entre 1,00m i 2,30m aproximadament, per tant tenim una alçada de treball de 1,30m.

La area de la superfície del pou serà:

$$A = \frac{V}{h} \quad (\text{Eq.19})$$

$$A = \frac{27,744}{1,3} = 21,34\text{m}^2 \quad (\text{Eq.20})$$

L'àrea de superfície de la fosa humida serà aproximadament de 21,34m<sup>2</sup>. Com que el pou no es construeix de nou, sinó que ja està construït, s'adaptarà per tal d'ajustar-se a les condicions obtingudes.

El pou original, tenia l'entrada del col·lector directament al pou, sense desbast previ. Amb unes dimensions de 4,40m per 4,30m, és a dir una superfície de pou de 18,92m<sup>2</sup>. El nostre requisit és de 21,34m<sup>2</sup>, per tant no ho podem aconseguir, a més una part del pou s'haurà de reduir per poder instal·lar una reixa de desbast i una petita cambra tranquil·litzadora per evitar l'entrada d'aigua en alçada oxigenant-la. Això només comportarà en que tindrem un temps de permanència més petit dins el pou de l'aigua i un major nombre d'arrencades de les bombes.

La instal·lació actual és la següent mostrada en les figures 26 i 27.

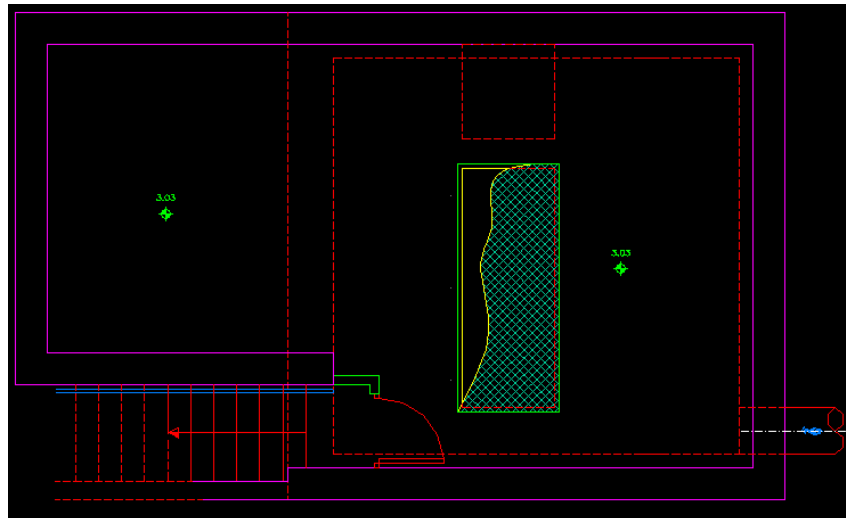


Figura 26:Planta nivell 3.03m, sala de vàlvules de l'EBAR de Llafranc original

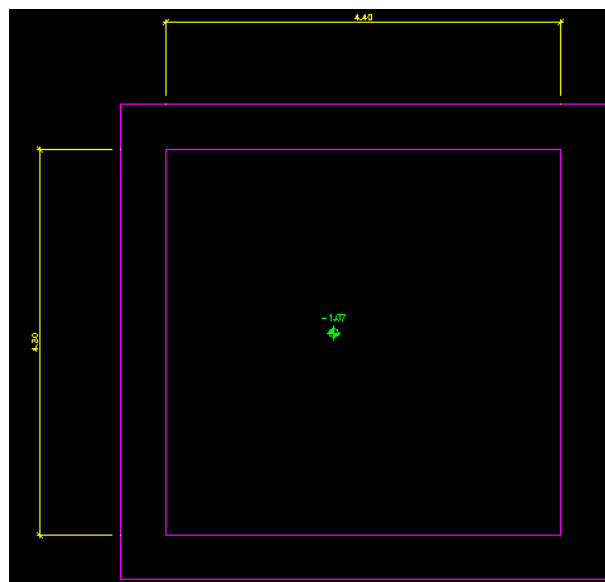


Figura 27:Planta nivell -1.07m, pou bombes.

### 3.2.2. Cambra tranquil·litzadora

Actualment el col·lector d'arribada d'aigua residual al pou, està connectat directament al pou provocant un salt d'aigua al pou. Això comporta que durant el salt d'aigua s'introdueixi oxigen a l'aigua, afectant al desgast de les bombes i la caldereria. Això es degut a que al oxigenar-la, les partícules d'aire que es barregen amb l'aigua al impulsar les bombes produeixen erosió per cavitació en l'impulsor i la voluta de la bomba. A més introduint aire als col·lectors, es corre el perill d'un possible trencament del col·lector si no es treu correctament amb vàlvules de purga. A part, també es produeix un augment de gasos com el sulfhídric en l'EBAR, erosionant més tot l'entorn i posant en contacte amb el personal de manteniment els gasos.

Per reduir això, s'ha dissenyat una cambra tranquil·litzadora per evitar un salt d'aigua al pou, i que aquesta aigua arribi més esglaonada.

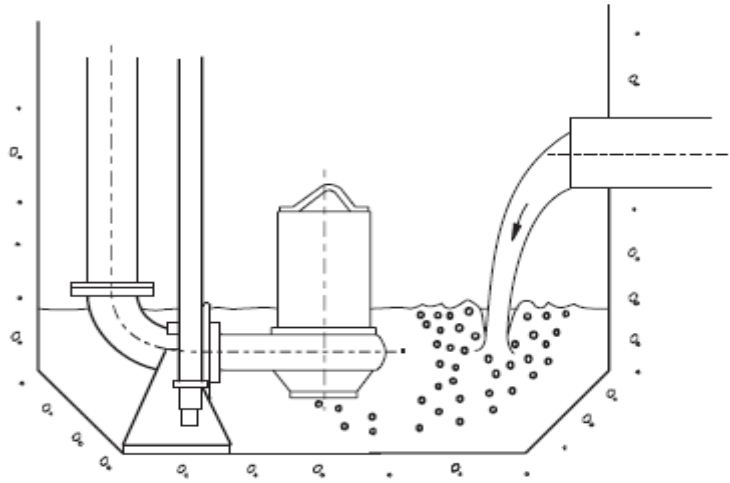


Figura 28: Entrada a evitar per evitar l'aportació d'oxigen a l'aigua i que sigui impulsada per la bomba

Com més lluny tinguem el col·lector d'entrada de l'aspiració de la bomba menys oxigen tindrem en la seva aspiració. A més amb una cambra tranquil·litzadora, reduïm la velocitat d'entrada de l'aigua ja que ampliem la secció del canal on passarà en comparació amb la secció del col·lector d'entrada.

En el disseny del pou s'ha realitzat la modificació representada en les figures 29 i 30.

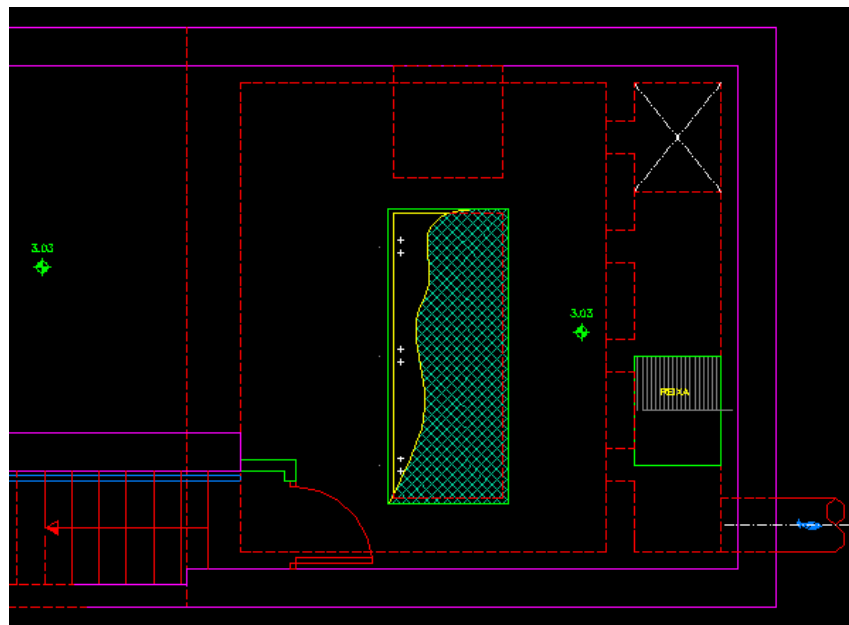


Figura 29: Planta nivell 3.03m, sala de vàlvules de l'EBAR de Llafranc dissenyat

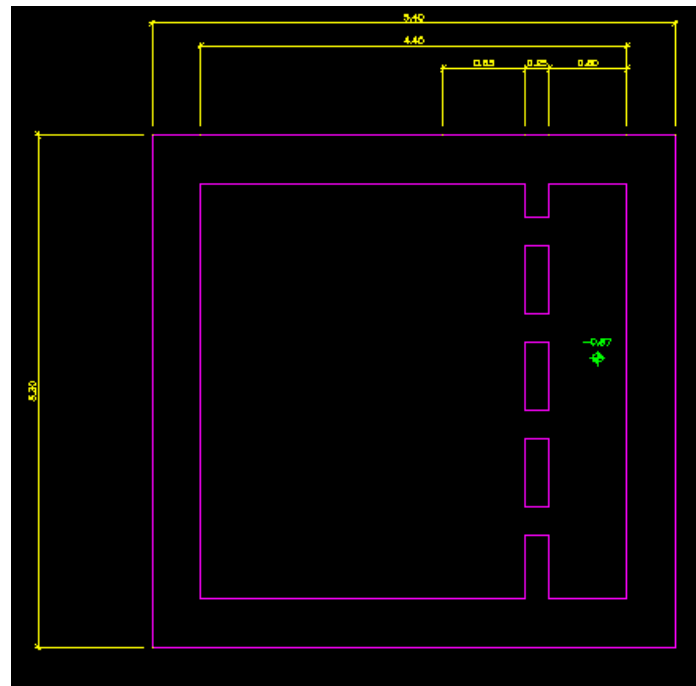


Figura 30:Planta nivell -1,07m, pou bombes de l'EBAR de Llafranc dissenyat.

Aquesta ha sigut la modificació realitzada en el projecte en comparació amb el disseny original del pou.

S'ha modelat en 3D per tal de poder comprovar el nou sistema de recollida de l'aigua, i de la cambra tranquil·litzadora.

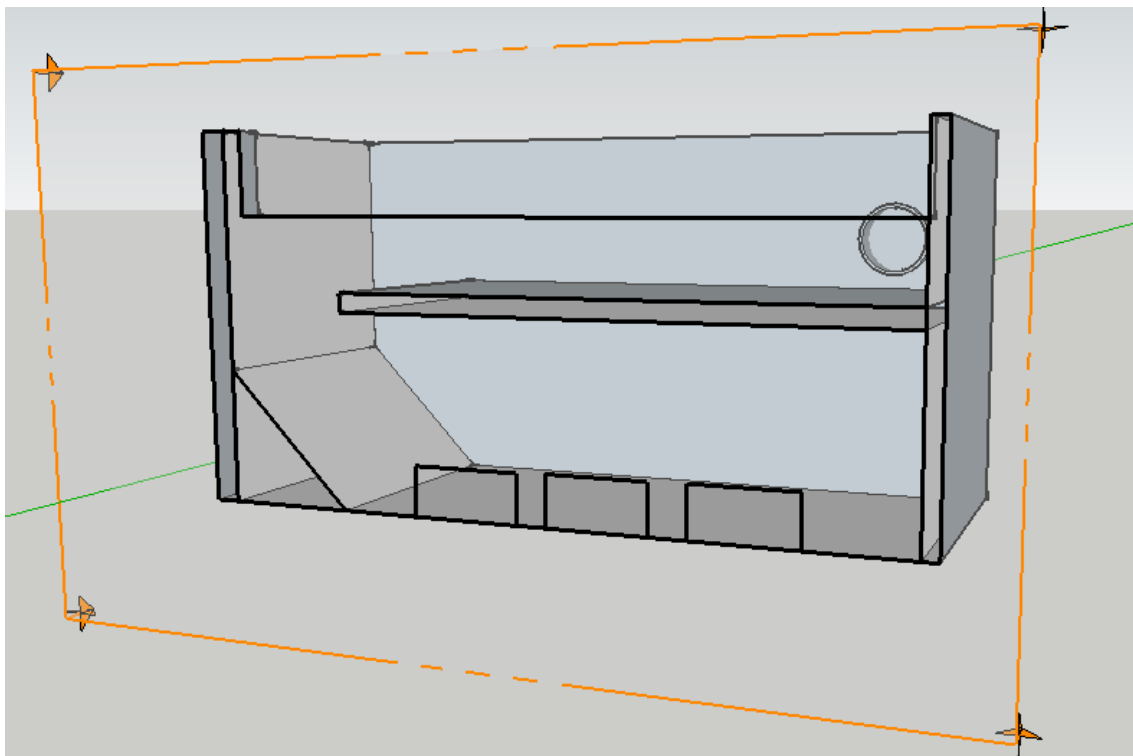


Figura 31: Modelat amb Sketchup de la cambra tranquil·litzadora de l'EBAR dissenyat.

Aquest és un model aproximat del que es realitzarà en el projecte, no és idèntic al dissenyat. Com es pot comprovar el col·lector d'entrada està a una alçada considerable. Si no es tranquil·litza l'aigua es provocaria un gran salt. A més el sistema al limitar l'entrada d'aigua per la part inferior del pou, en cas d'un gran cabal d'entrada d'aigua a l'EBAR, i es provoqués un embut, per la part superior de l'entrada també pot saltar l'aigua.

### 3.2.3. Sòl del pou i distribució bombes

El pou actual està assentat sobre una base sense pendent. Al no tenir pendents en pou, provoca que les sorres es sedimenten en els punts més allunyats de les bombes. Això provoca una gran acumulació de sorres amb el conseqüent problema que pot comportar, com embussaments de les bombes, reducció del dimensionat del pou, i una major despesa en neteges del pou.

Aquest problema es soluciona introduint pendents en el sòl del pou, dirigint aquest pendent a les bombes. Fent que el punt més baix del pou siguin les bombes ajudarà per evitar a la sedimentació de sorres i sòlids en el fons del pou.

Per determinar la zona on aniran les bombes, i a dissenyar el punt més baix del sòl del pou, s'utilitzarà la referència de disseny de la figura 31.

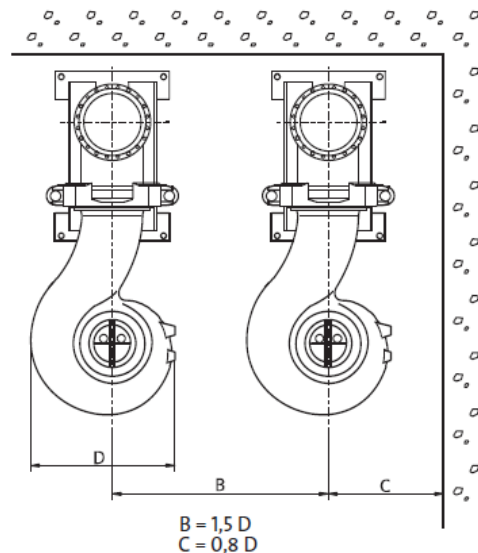


Figura 32: Disseny mínim recomanat de la base de les bombes

La bomba elegida en l'apartat anterior té les següents mides (figura 32).

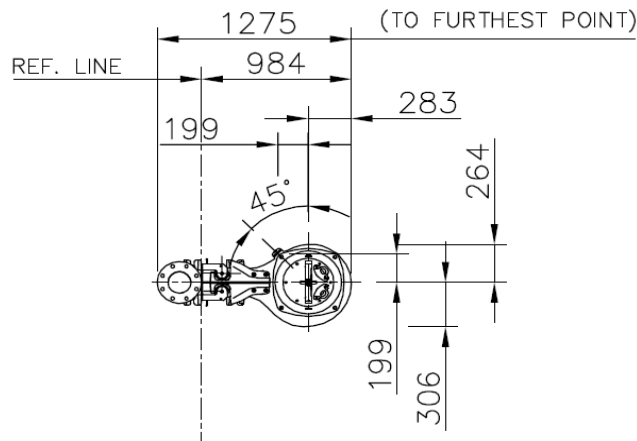


Figura 33: Dimensions vista superior bomba Flygt NP-3202-HT

Per tant tenim que les bombes han d'estar separades per

$$B = 1,5 \cdot D = 1,5 \cdot 528 = 792\text{mm} \quad (\text{Eq.21})$$

I de la part exterior del sòl del pou per

$$C = 0,8 \cdot D = 0,8 \cdot 528 = 422,4\text{mm} \quad (\text{Eq.22})$$

Com que tenim tres bombes, tindrem una base de

$$\text{Base} = 422,4 + 792 + 792 + 422,4 = 2.428,8\text{mm} \quad (\text{Eq.23})$$

Amb aquest requisit, el pou és ideal ja que té una amplada de 4,3m. Com que no tenim parets en aquestes distàncies i aquests càlculs són per trobar els mínims recomanats, les reduïrem per ajudar més a que no s'acumulin sòlids. A més s'evitarà ampliar el forat d'accés al pou per posar i treure les bombes, ja que ens ve donat per el disseny original de l'EBAR.

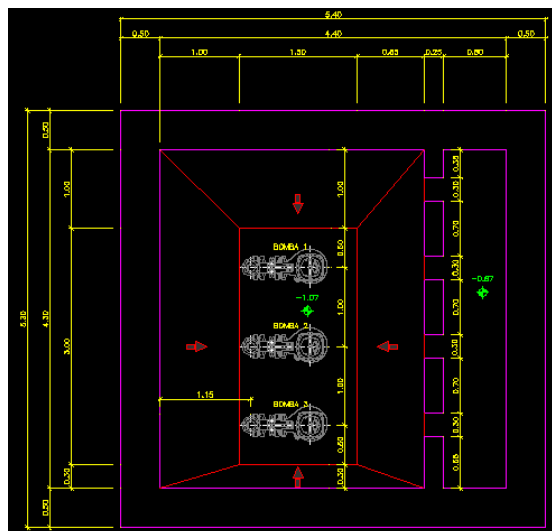


Figura 34: Planta de la modificació del sòl del pou.



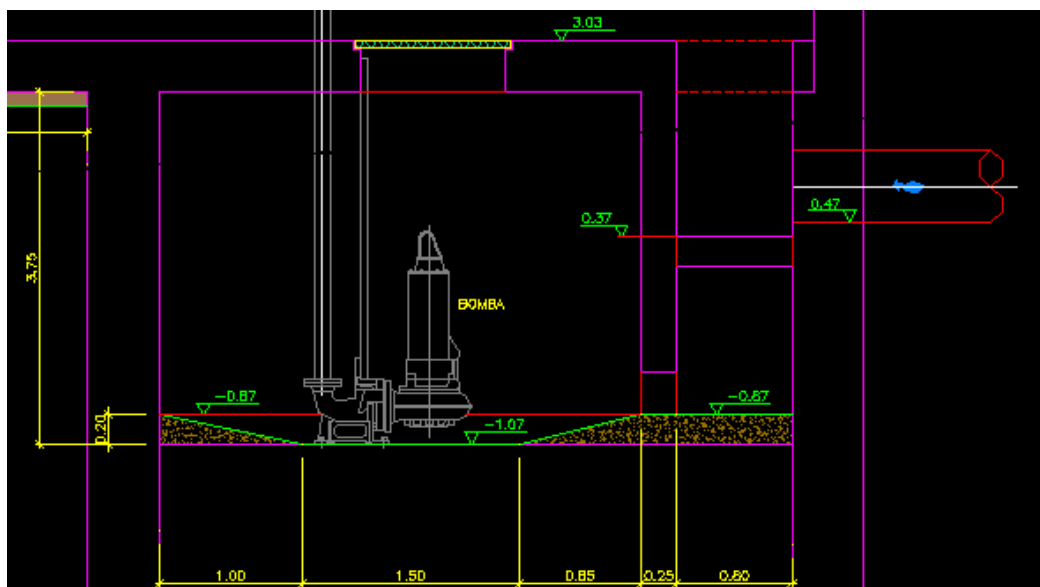


Figura 35: Alçat de la modificació del sòl del pou

### 3.3. Entrada i desbast

#### 3.3.1. Comporta automàtica

L'EBAR està situat per sota el nivell freàtic i per sota el nivell del mar. També disposa l'EBAR d'un sobreexidor previ a l'entrada, que en cas d'un excessiu cabal d'aigua abocaria aigua a la riera contigua. Actualment la sala de les vàlvules és inundable, i només s'aboca a la riera quan el pou i la sala de vàlvules arriben al nivell del sobreexidor. Això comporta que cada pluja forta o fallada de funcionament de l'EBAR, tota la sala queda inundada, tenint que netejar tota la sala d'aigües residuals i fangs. Per aquest motiu s'ha decidit incloure una comporta automàtica en el col·lector d'entrada. S'ha elegit una comporta automàtica del fabricant AUMA. El model elegit és l'actuador SA(R)16.1 amb el controlador AUMATIC AC 01.1.



Figura 36: Actuador SA(R)16.1 amb controlador AUMATIC AC 01.1.

Aquest actuator, va acoblat a un eix rotatiu sense desplaçament vertical on la part inferior té un bis sense fi acoblada a una comporta.

La comporta té una alimentació de 400Vac i una potència de 1,5kW. El model s'ha elegit amb protecció IP68, ja que en cas de que no tanqués correctament o fallés, podria inundar-se la sala i quedar la comporta submergida. També incorpora un sistema per poder desembragar el motor i manipular la comporta manualment sense necessitat d'electricitat. La comporta té una maniobra interna que li permet girar en ambdós sentits sense necessitat d'una maniobra externa, simplement amb ordres d'entrades digitals o per programació.

La comporta té un selector manual per posar-la en manual, aturada o en automàtic com es pot veure en la figura 33. En cas de seleccionar el selector en manual, té diferents pulsadors per obrir o tancar la comporta localment amb tensió com es pot veure en la figura 34.



Figura 37: Selector manual-0-automàtic de la comporta.



Figura 38: Pulsadors de control de la comporta.

La comporta es programa manualment. Un cop instal·lada es seleccionen mecànicament des de l'actuator on es volen situar els finals de carrera i la distància de recorregut de la comporta. També es pot seleccionar la limitació de parell, tant en operació de tancada de comporta com en operació d'obertura.

La comporta mostra en un display frontal el percentatge d'obertura de la comporta, a més de la navegació per menús de programació, altres dades i avís d'averies.

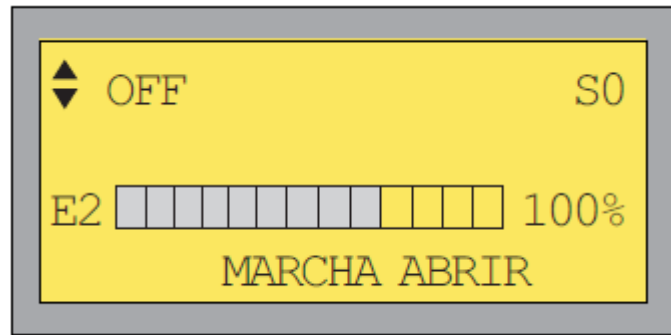


Figura 39: Display frontal del controlador AUMATIC AC 01.1.

El funcionament de la comporta serà el següent; la comporta té una entrada analògica 4-20mA, aquesta entrada serà el nivell del pou. A partir del nivell x, la comporta començarà a tancar proporcionalment al nivell que rebí per la senyal analògica fins a tancar-se per complet. Quan la comporta estigui tancada o regulada el cabal serà menor per tant les bombes buidaran el pou sense problemes. El nivell començarà a baixar per tant quan el nivell estigui per sota del nivell x de comporta tancada, començarà a obrir. Com que el col·lector queda en càrrega, la pressió de l'aigua augmenta, per tant si obríssim la comporta proporcionalment al nivell es podria tenir una entrada d'aigua massa gran i inundar una mica la sala, ja que el temps de recorregut de la comporta és lent; per això la comporta en el cas d'obertura funcionarà diferent del cas de tancar la comporta. Per tancar serà proporcional al senyal analògic i per obrir serà proporcional al senyal analògic durant un segon i es mantindrà aturada durant 30 segons. D'aquesta forma anirà obrint esglaonadament fent una o dues voltes cada trenta segons.

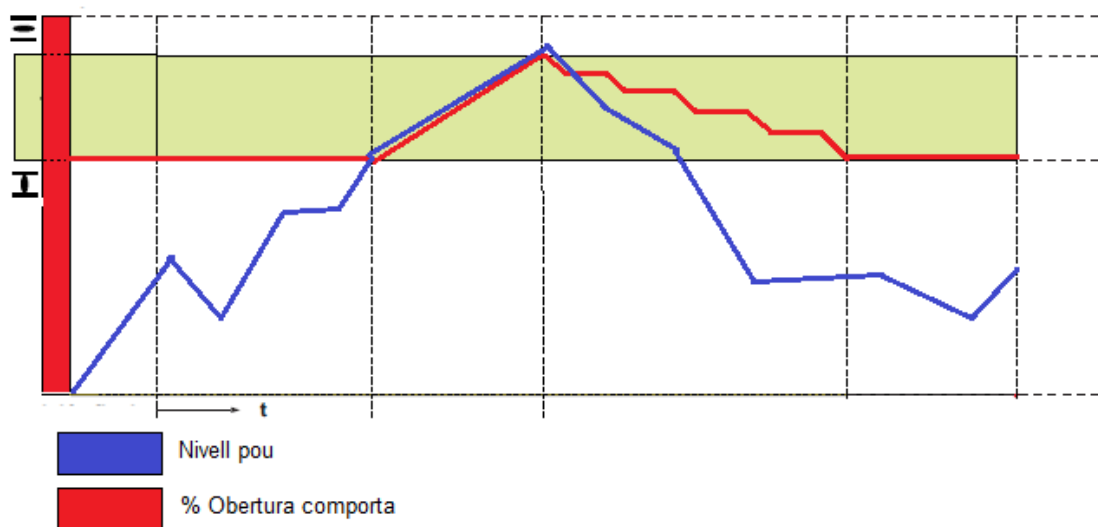


Figura 40: Gràfica de funcionament de la comporta automàtica

Com es pot veure en la figura 36, la comporta només actua en una fracció del nivell del pou, és la visualitzada en color verd. El nivell per sota d'aquesta franja no provoca cap canvi en la comporta, però al augmentar el nivell la comporta es tanca proporcionalment, i al baixar aquest nivell la comporta s'obre proporcionalment de manera esglaonada fins que el nivell està per sota del valor de tancament i la comporta resta totalment oberta.

També disposa la comporta d'una sortida analògica 4-20mA per tal de poder visualitzar remotament tant de la pantalla del quadre elèctric com de l'SCADA el valor de la seva posició.

### 3.3.2. Reixa desbast

Per tal d'evitar que entrin sòlids grans al pou i que aquests puguin obturar o afectar les bombes d'impulsió, s'instal·larà una reixa de desbast en el canal d'entrada, just després de la comporta automàtica i previ a la cambra tranquil·litzadora. Aquesta reixa serà automàtica, és una reixa feta a mida, amb un motor i un reductor que faran girar unes pintes metàl·liques que aniran pujant els sòlids atrapats a la reixa. S'ha elegit la reixa automàtica amb un motor enlloc d'una reixa hidràulica, ja que així es podia controlar si s'encallava la reixa per el sobre consum a través d'una sortida digital del variador, en la hidràulica hagués sigut necessari instal·lar un limitador de parell o de pressió, a més d'un manteniment més costós per el grup hidràulic.

Disposa d'un motor de 1,5kW i un reductor 1/20. Amb aquest reductor la reixa farà un cycle complet de gir en un minut.

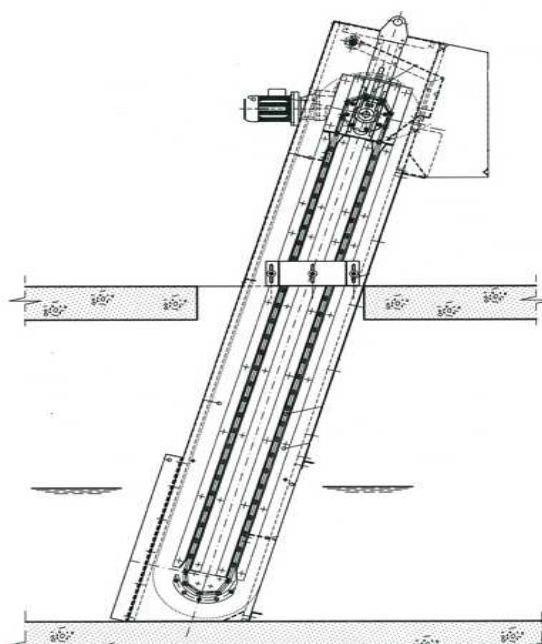


Figura 41: Reixa automàtica

Com es pot observar en la imatge 40, és una reixa en que el motor amb el reductor fan girar un engranatge que porta una cadena al contorn de la màquina. En aquesta cadena hi ha soldats unes pintes separades entre elles que el que fan és fer unes passades per les barres de la reixa i pujar els sòlids atrapats fins la part superior, on cauen dins un cubell un cop arribades a la superfície.

Per tal de dissenyar la reixa, s'ha d'escollir la distància entre les barres de la reixa, per limitar el pas de llum de la reixa al pas de sòlids que es desitja per l'EBAR.

La bomba Flygt elegida, té un pas de sòlids de 75mm, per tant la reixa ha de tenir un pas de llum més petit de 75mm.

La distància entre les barres serà 60mm per assegurar que no entrin sòlids més grans al pou. Les barres seran de 10mm d'amplada.

Per calcular l'amplada del canal on ha d'anar instal·lada la reixa, seguirem la següent fórmula:

$$S = A_c \cdot \frac{L}{L + A_b} \cdot G \quad (\text{Eq.24})$$

On

S: Secció útil de pas (m)

A<sub>c</sub>: Amplada del canal (m)

L: Pas de llum (m)

A<sub>b</sub>: Amplada de les barres (m)

G: Grau d'obturació (%) \*

\*S'agafarà un valor estàndard d'obturació del 25%

Sabent que el col·lector d'entrada té un DN de 500mm, té una secció de 0,7853m<sup>2</sup>, que la reixa pot treballar en 1,5m d'alçada màxim d'aigua. Podem dir que necessitem mínim un canal de 0,52m de secció útil de pas, per tant:

$$0,52\text{m} = A_c \cdot \frac{0,06}{0,06 + 0,01} \cdot 0,75 \quad (\text{Eq.25})$$

$$A_c = 0,81\text{m} \quad (\text{Eq.26})$$

Per garantir el pas d'aigua necessari per la reixa, necessitarem un canal mínim de 0,80m amb unes barres de 10mm separades 60mm entre elles. Aquest és un requisit mínim, si el canal és més ample garantim un millor funcionament.

El funcionament de la reixa estarà controlat per un PLC i la potència a través d'un variador de freqüència. El variador de freqüència serà un FR-D740-036-EC/E6 del fabricant Mitsubishi. El model 036 està preparat per funcionar amb motors de potència nominal de 1,5kW.



Figura 42: Variador freqüència FR-D740-036-EC

El variador de freqüència estarà programat per tal d'actuar també com a limitador de parell. En el moment en que el motor de la reixa superi la intensitat nominal del motor, el variador de freqüència clavarà una sortida digital, aquesta anirà a una entrada del PLC que farà invertir la reixa durant uns instants per desencallar-la.

La reixa funcionarà per temps, segons la programació que rebí o bé per l'activació d'una boia en el canal d'entrada, per avisar d'un cabal més elevat que el normal. Es pot veure més detalladament la programació del variador en l'apartat 3.3.2. Variadors de freqüència.

### 3.3. Equips elèctrics i electrònics

En aquest apartat es detallarà tot el sistema elèctric de l'EBAR. Quadre elèctric, l'aparellament elèctric, maniobra, variadors de freqüència, PLC, pantalla tàctil, SAI, ventilació, mesurador de nivell i grup electrogen.

En el document plànols del projecte s'adjunta l'esquema elèctric del quadre elèctric.

#### 3.3.1. PLC

Per tal de dur a terme l'automatització de la instal·lació, s'instal·larà un autòmat que controlarà tota la maniobra del procés. Aquest autòmat no és indispensable per el funcionament de les bombes, ja que en cas d'avaría d'aquest, s'ha tingut en compte una maniobra per contactes alternativa i així tenir una doble seguretat de funcionament.

L'autòmat elegit, comparant les necessitats que tenim i el que es vol realitzar, s'ha decidit per un autòmat del fabricant OMRON.

El model elegit és el PLC CJ1M amb la CPU22, amb una capacitat de 10k passos en programa, càlcul del que necessitarem i previsió de futures ampliacions. També s'incorporarà una font d'alimentació CJ1W-PA202 de 14W connectada a la mateixa CPU. Per les entrades i sortides del PLC, s'ha decidit per unes entrades per transistor PNP amb el bloc d'entrades digitals CJ1W-ID211 i per les sortides, un bloc de sortides digitals per relé CJ1W-OD212. Per poder controlar el procés es necessiten també tant entrades analògiques per processar el nivell del pou com sortides analògiques per controlar els variadors de freqüència, així s'instal·larà un bloc d'entrades analògiques CJ1W-AD041-V1 i un bloc de sortides analògiques CJ1W-DA041. Per poder realitzar les comunicacions s'incorporarà també un bloc de ports sèrie CJ1W-SCU41-V1.



Figura 43: CJ1M-CPU22

Aquesta CPU ens permet tenir un màxim de 320 entrades/sortides del PLC. La capacitat de 10k en programa i de 32k de memòria total. La velocitat de procés és de 100ns. També si pot connectar fins a 10 unitats d'entrades i sortides. En la CPU hi ve incorporat un sèrie i un altre port perifèric per a la programació de l'autòmat. El port sèrie de la CPU l'utilitzarem per comunicar amb l'SCADA a través d'un mòdem GPRS.

Model	Entrades	Sortides	Tipus I/O
CJ1W-ID211	16	0	PNP
CJ1W-OD212	0	16	Relé
CJ1W-AD041-V1	4	0	0 a 5V 0 a 10V -10 a 10V 1 a 5V 4-20mA
CJ1W-DA041	0	4	0 a 5V 0 a 10V

			-10 a 10V 1 a 5V 4-20mA
CJ1W-SCU41-V1	Rs-232C Rs-422/RS-485	CompoWay/F Host link NT link Modbus Personalitzada	

Taula 6: Taula de característiques dels mòduls de I/O del PLC.

Aquestes serien totes les possibilitats que tenim amb els mòduls seleccionats. En total disposem de 16 entrades digitals, 16 sortides digitals, 4 entrades analògiques, 4 sortides analògiques i 3 ports sèrie de comunicació.

A continuació es representa el GRAFCETs del funcionament bàsic del control de les bombes i de la resta de controls, junts amb els function blocks de programació del PLC. Aquest PLC permet la programació en KOP i amb function blocks programats en Pascal.

A l'apèndix es pot trobar el programa sencer.

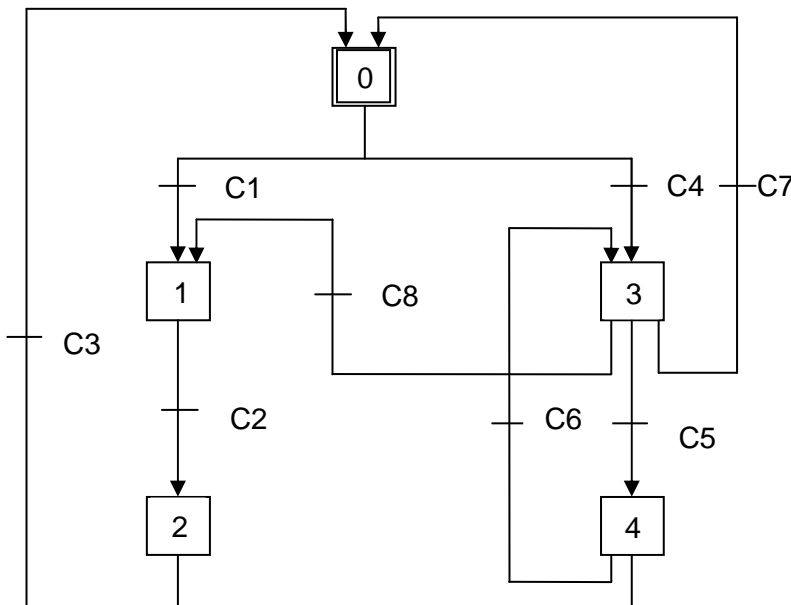


Figura 44: GRAFCET funcionament bàsic bombes

Estat 0	Posició inicial, en repòs i 2 bombes parades.
Estat 1	Marxa seguretat interna, 1 bomba funcionament, inici temporitzador 2 nivell
Estat 2	Marxa seguretat interna, 2 bombes funcionament
Estat 3	Marxa normal, 1 bomba funcionament
Estat 4	Marxa normal, 2 bombes funcionament



Condició 1	No boia mínim i boia màxim
Condició 2	Temporitzador 2 nivell, no boia mínim i boia màxim
Condició 3	Boia mínim
Condició 4	Nivell > Nivell 1 i no boia mínim
Condició 5	Nivell > Nivell 2 i no boia mínim
Condició 6	Nivell1 < Nivell < Nivell 2 i no boia mínim
Condició 7	Boia mínim o Nivell < Nivell 1
Condició 8	Boia de màxim

Taula 7: Taula GRAFCET figura 44

El mesurador de nivell té un relé de sortida que ens indicarà que està funcionant, és a dir, té tensió d'alimentació i no ha perdut l'eco del senyal ultrasó, això farà que tinguem en compte el senyal o no per dur a terme la maniobra. Si el nivell del pou és superior al nivell fixat com a nivell de marxa 1, es posarà una bomba en marxa, si es supera el nivell fixat com a nivell de marxa 2 es posaran dos bombes en marxa. Quan el nivell torni a baixar per sota el nivell de marxa 2, es parará una bomba i seguirà una bomba en funcionament fins que el nivell arribi per sota del nivell d'aturada 1. Sempre tindrà prioritat la boia de mínim, que en activar-la es pararan totes les bombes i es retornarà a l'estat inicial 0. Si la boia de màxim s'activa durant el funcionament normal d'una bomba, vol dir que el sensor està indicant malament, per tant entrarem en la marxa de seguretat, si la boia de màxim s'activa durant el funcionament normal de dos bombes no actuarem, ja que ja hi ha dos bombes treballant i si el sensor està indicant malament s'aturarà per boia de mínim. La marxa de seguretat funciona de la següent manera, s'inicia la marxa de seguretat si s'activa la boia de màxim i la de mínim no està activada. Es posarà una bomba en marxa i començarà a comptar un comptador, si ha passat el temps del comptador i no s'ha activat la de mínim i segueix la de marxa activada, es posaran 2 bombes. Quan la de mínim s'activi s'aturarà la marxa de seguretat i es tornarà a la posició inicial

A més es regularà la freqüència de les bombes dins aquesta part de programació. Quan hi ha un nivell es donarà una sortida 4-20mA, on 4mA quan el nivell estigui pròxim al nivell d'aturada i 20mA quan estigui pròxim al nivell de marxa. A l'entrar el segon nivell, es farà el mateix amb la segona bomba entrada mentre que la primera seguirà a freqüència fixa. Això ho farem dins un function block del programa del PLC.

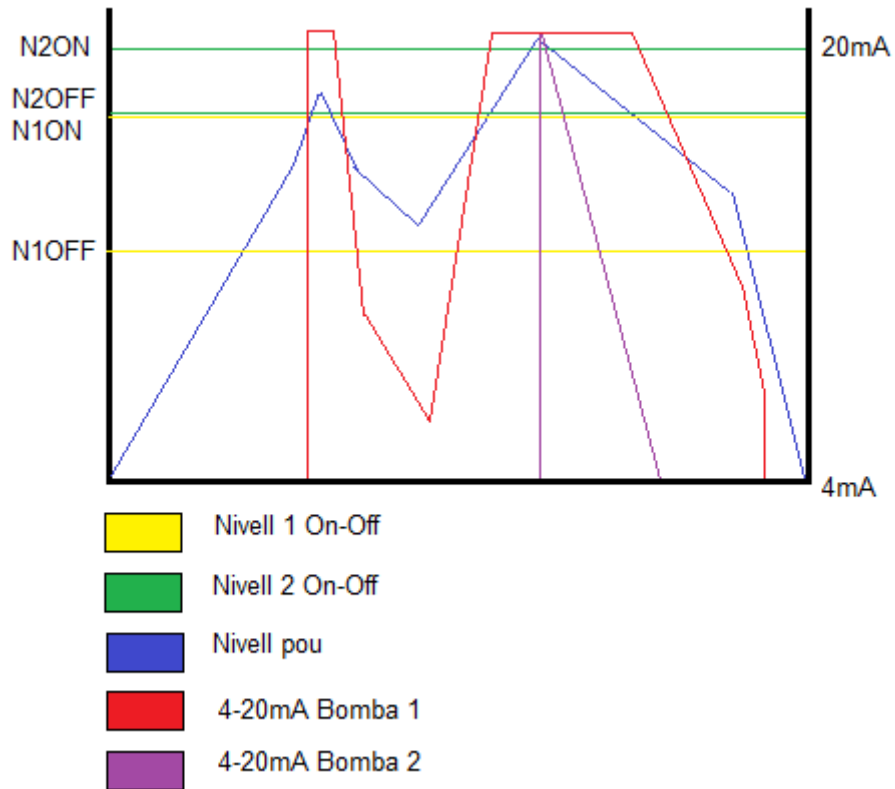


Figura 45: Exemple de regulació de la freqüència de les bombes segons un nivell imaginari

Aquest control serà directament proporcional al nivell.

Per dur a terme aquest control utilitzarem el següents blocs de funcions.

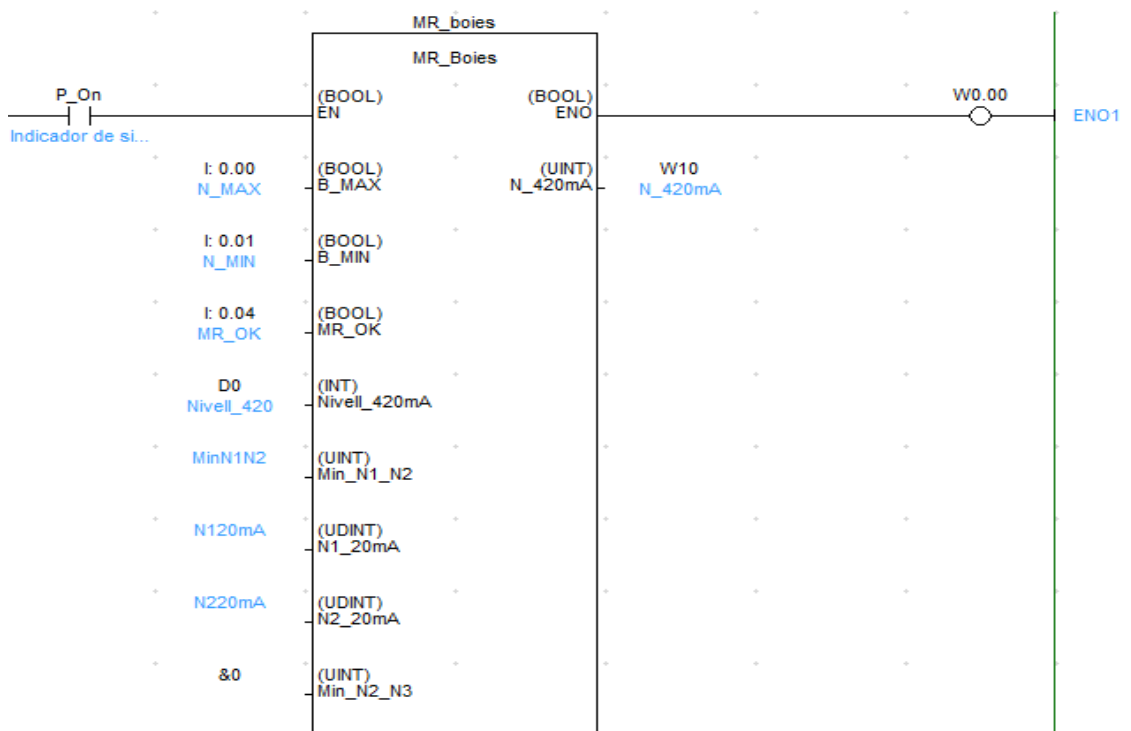


Figura 46: Bloc de funcions de control del nivell del pou

Aquest bloc de funcions realitza la següent funció, si el mesurador de nivell és correcte, ens posa a la sortida el mateix valor que té a l'entrada del senyal 4-20mA (Nivell\_420mA). En cas de que l'entrada MR\_OK no estigui activada, voldrà dir que el mesurador de nivell no està alimentat o ha perdut l'eco, per tant passarà a funcionar per boies i no tindrà en compte el senyal 4-20mA de l'entrada del bloc. En aquest cas, o bé en el cas de que la boia de màxim (B\_MAX) sigui activada, entrarà la marxa de seguretat interna, i posarà a la sortida el valor analògic que tinguem configurat a N1\_20mA, si segueix la boia de màxim activada durant el temps configurat (Min\_N1\_N2) es posarà a la sortida el nivell analògic configurat en N2\_20mA i així permetrà que entrin en funcionament 2 bombes. El bloc estarà preparat per posar un tercer nivell, que no s'utilitzarà però es deixa programat per futures modificacions.

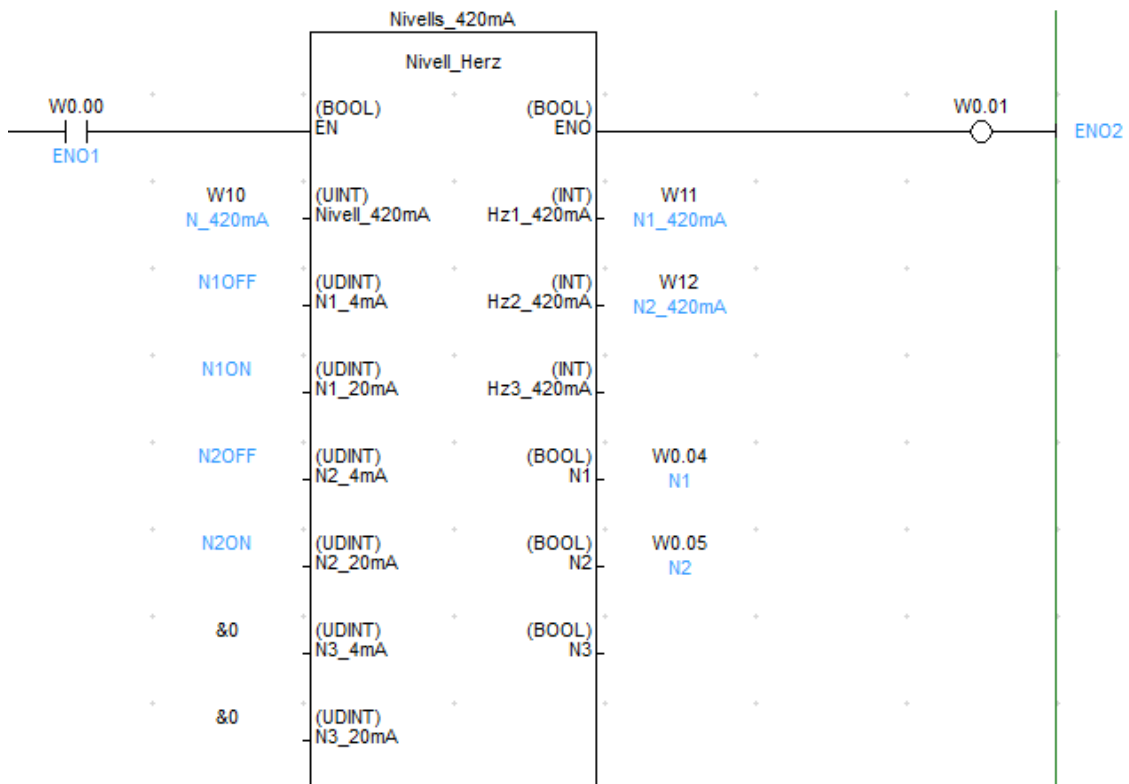


Figura 47: Bloc de funcions de control d'activació de nivells i freqüència sortida de les bombes.

En aquest bloc del PLC, tenim l'entrada del nivell 4-20mA tractada en l'anterior bloc, i la configuració dels nivells d'activació i desactivació de les bombes. Aquest nivells són UDINT (unsigned double integer), que es podran configurar a través de la pantalla tàctil per pujar o baixar el nivell d'actuació.

A la sortida tenim dos bits d'activació de nivell 1 (N1) i un altre bit d'activació de nivell 2 (N2). També tindrem el senyal de sortida 4-20mA que ha de rebre la bomba que estigui activada per nivell 1 i el 4-20mA per la bomba que estigui activada per nivell 2. Cada sortida analògica és independent com s'ha pogut observar en la figura 47.

També s'ha deixat programat un hipotètic nivell 3 que pugui entrar en funcionament en un futur.

Un cop es té les activacions de nivell i el senyal 4-20mA que han de rebre les bombes, es passarà al bloc de l'alternança. Cada activació de nivell ha de posar en marxa una bomba diferent per tal de dur a terme una alternança equilibrada i que iguali les hores de funcionament i nombre de arrancades de les bombes. Així assegurem un desgast proporcional entre elles i evitem sobreescalfaments.

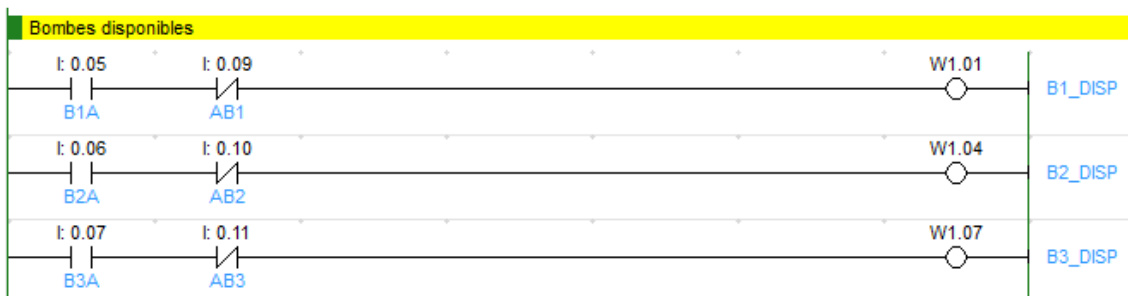


Figura 48: Comprovació disponibilitat bombes

En aquest bloc es comprovarà que la bomba estigui disponible per entrar a l'alternança, és a dir, que el selector estigui en automàtic, que no tingui el tèrmic actuat tal i com es pot observar en la figura 4. També que no s'estigui invertint i que no estigui en el procés automàtic de buidat de pou com es pot veure en la figura 49.

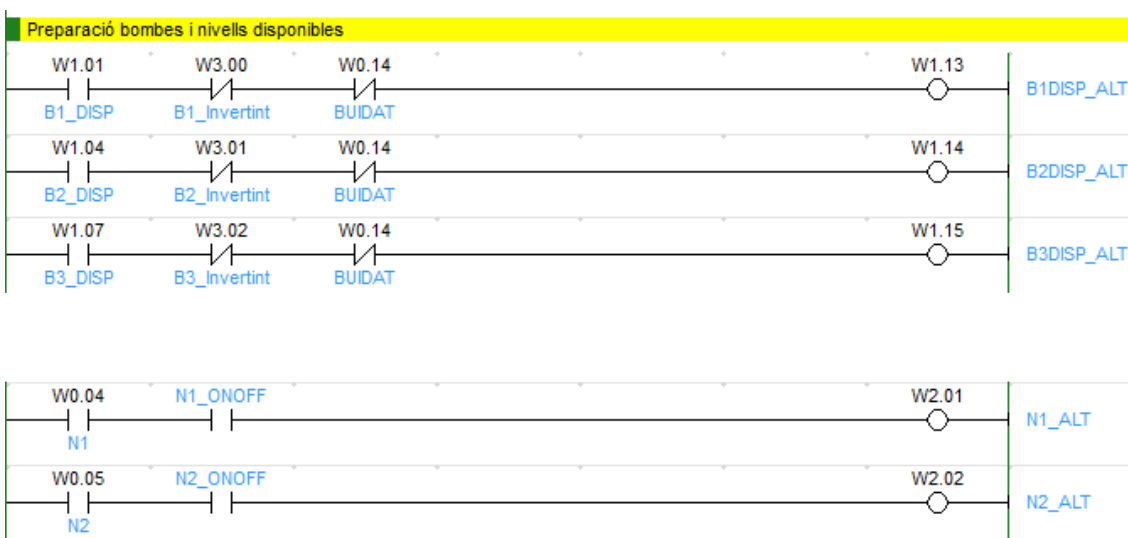


Figura 49: Preparació de les bombes i nivells disponibles.

Els nivells també es podran desactivar provisionalment si ens interessa aturar el bombament o simplement treballar amb una sola bomba. Això ho podrem realitzar des de l'SCADA o bé des de la pantalla tàctil.

Si entrem dins el bloc de l'alternança tenim el següent.

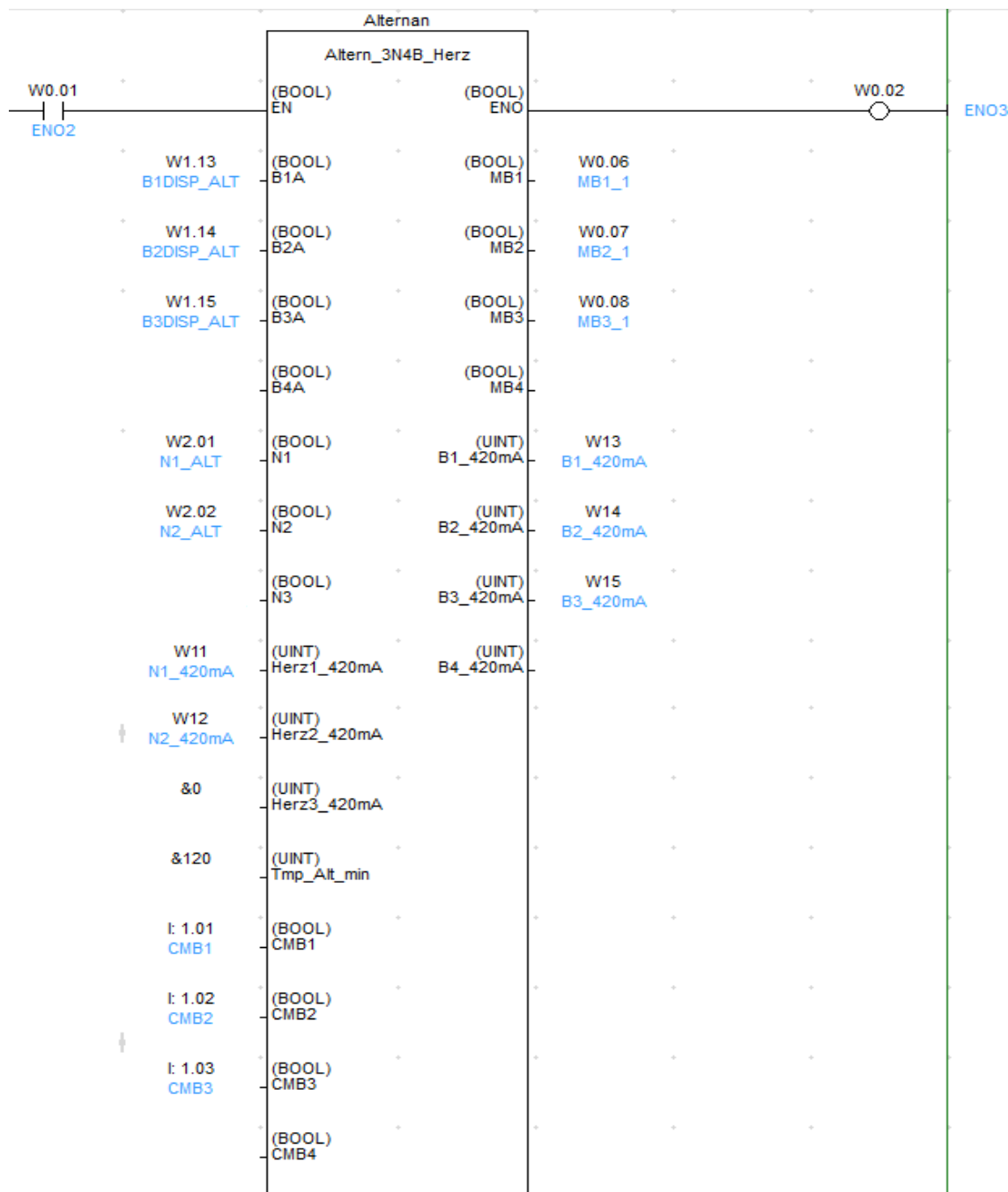


Figura 50: Bloc de funcions d'alternança de les bombes

En aquest bloc tenim les entrades de disponibilitat de les bombes mencionant en les figures 48 i 49, les activacions de nivell, les freqüències per la bomba de nivell 1 i la bomba de nivell 2, el temps d'alternança per temps (Tmp\_Alt\_min), és a dir, en cas de que una bomba funcioni aquest temps sense aturar-se, es farà una alternança de

bomba per evitar que funcioni massa temps. Això passarà si la bomba s'embussa o si entra tanta aigua com pot impulsar la bomba. També tenim les confirmacions de marxa de les bombes a través de sortides digitals dels variadors de freqüència, així ens assegurem que la senyal de sortida del PLC d'ordre marxa actua correctament i realment posa en funcionament la bomba a través del variador de freqüència.

Aquest seria el funcionament principal de les bombes. A més s'incorporaran altres condicions de funcionament que des habilitaran les bombes de l'alternança per dur a terme les maniobres d'invertir la bomba o buidar el pou.

La maniobra d'inversió es dur a terme per tal de desembussar les bombes, és fa girar la bomba en un sentit i a l'invers durant uns cicles i així provoquem que la bomba es desembussi o ajuda a desembussar, ja que no sempre es pot garantir un desembós al cent per cent.

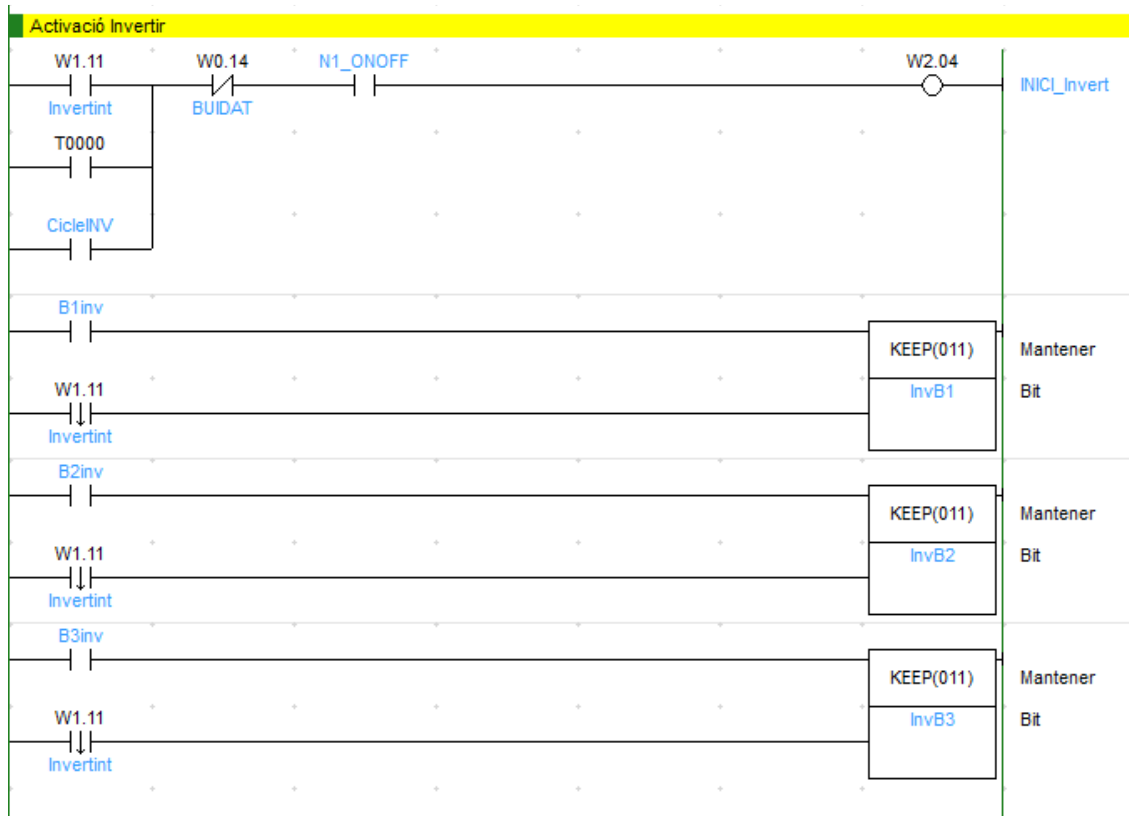


Figura 51: Condicions d'inici del procés invertir.

El procés d'invertir s'iniciarà just al acabar el procés de buidat del pou, quan s'indiqui des del SCADA o bé des de la pantalla. Quan s'acaba el procés de buidat, és fa un cicle d'inversió de cada bomba ja que al apurar el pou, s'impulsen grasses i sorres acumulades i hi ha més probabilitat de que s'hagi embussat una bomba. També s'iniciarà el procés d'inversió quan la sortida del variador activi una sortida digital per sobre consum, símptoma de que la bomba pot estar embussada.

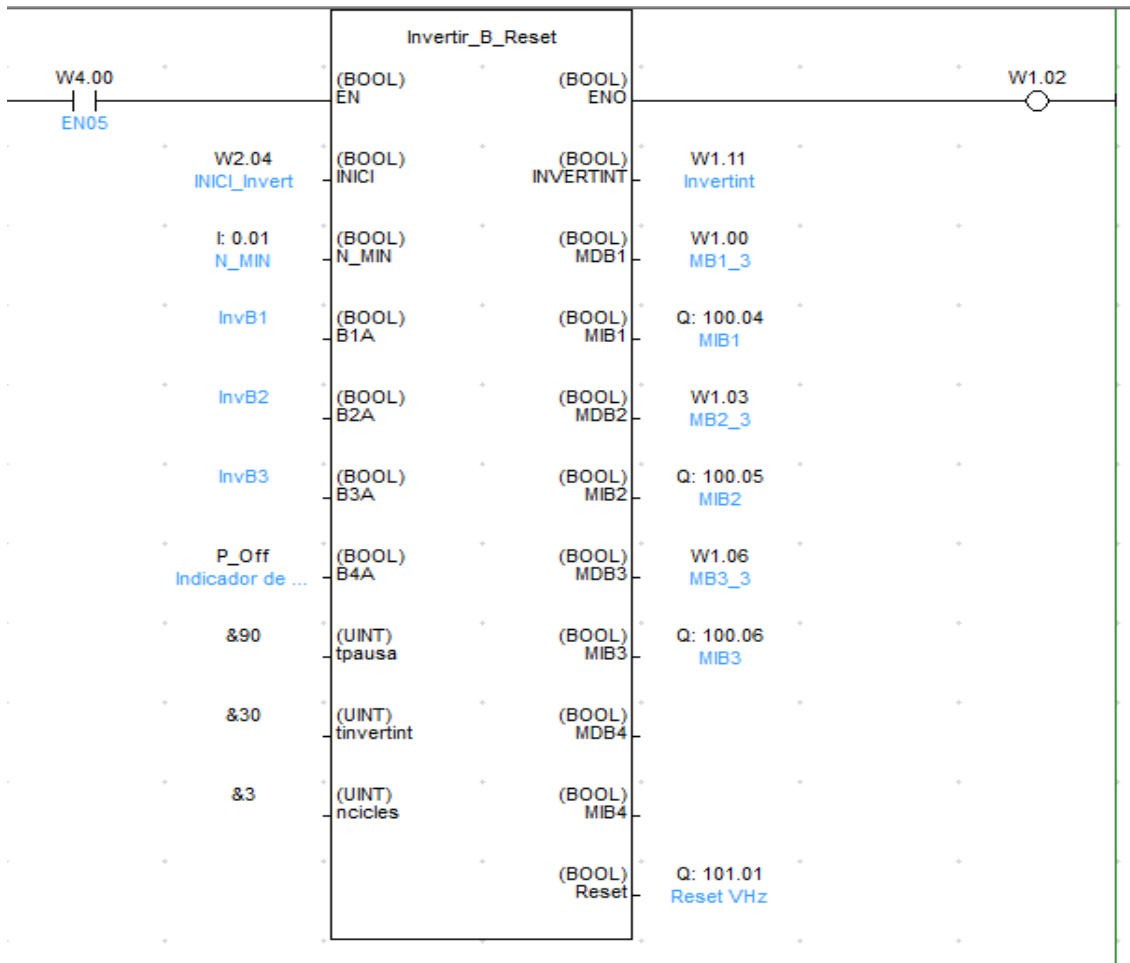


Figura 52: Bloc de funcions d'inversió bomba

Com es pot veure en el bloc de funcions, el bloc s'activarà per un flanc ascendent de l'entrada INICI i estaran actives les bombes que hagi actuat la sortida digital del variador de freqüència o bé les que s'hagin sol·licitat per la pantalla tàctil o SCADA. Això es produirà sempre que hi hagi nivell mínim al pou, sinó no farà l'inversió, per això el bloc té una entrada que és la boia de mínim.

També té les entrades de configuració del bloc, que són el temps que ha d'estar girant en cada sentit (tinvertint), el temps que s'ha d'esperar la bomba aturada abans no comença a girar en l'altre sentit (tpausa) i el nombre de cicles que ha de fer-ho (ncicles).

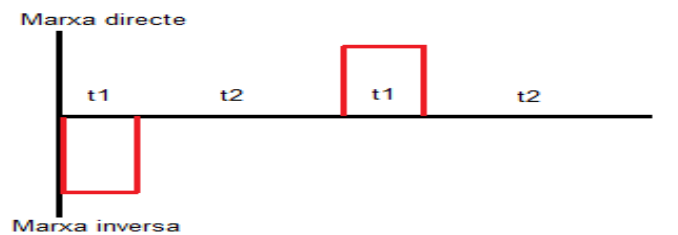


Figura 53: Cicle inversió amb t1 (tinvertint) i t2 (tpausa) del bloc de funcions.

El GRAFCET del funcionament del procés d'inversió seria el següent.

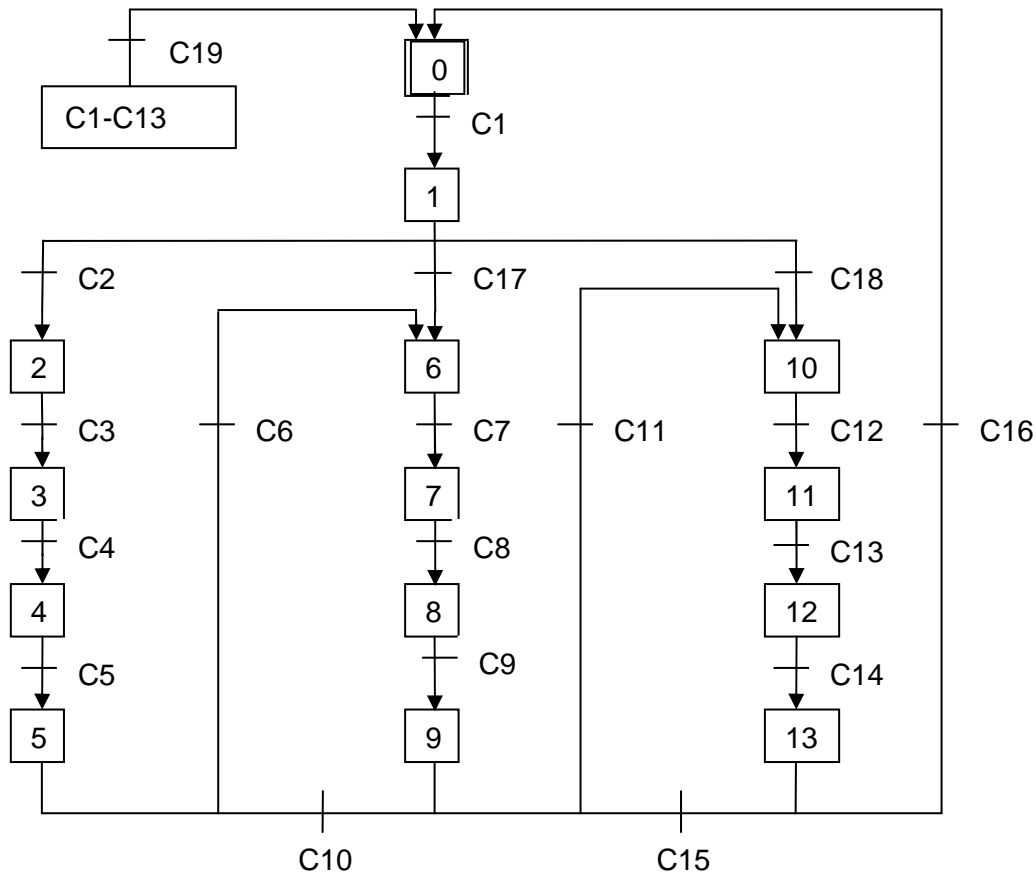


Figura 54:GRAFCET bloc funcions invertir bombes

Estat 0	Estat inicial, no està dins el cicle d'invertir
Estat 1	Aturada bomba, inici temporitzador 90s, reset als variadors de freqüència
Estat 2,6,10	Invertir la bomba (1,2 o 3) , inici temporitzador 60s
Estat 3,7,11	Aturada bomba i inici temporitzador 90s
Estat 4,8,12	Marxa endavant la bomba (1,2,3), inici temporitzador 60s
Estat 5,9,13	Aturada bomba i inici temporitzador 90s
Condició 1	Inici inversió
Condició 2	Bomba 1 s'ha d'invertir
Condició 3,7,12	Temporitzador 30s estat 2,6,10
Condició 4,8,13	Temporitzador 90s estat 3,7,11
Condició 5,9,14	Temporitzador 30s estat 4,8,12
Condició 6	S'ha d'invertir Bomba 2
Condició 10	No s'ha d'invertir bomba 2
Condició 11	S'ha d'invertir Bomba 3
Condició 15	No s'ha d'invertir bomba 3
Condició 17	Bomba 2 s'ha d'invertir i Bomba 1 no
Condició 18	Bomba 3 s'ha d'invertir i Bomba 1 i 2 no
Condició 19	Boia de mínim

Taula 8: Estats i condicions GRAFCET figura 54



L'altre funció que interromp el funcionament normal de les bombes és el procés de buidat del pou. Per tal de evitar acumulació de grasses al pou, i de la sedimentació de les sorres o sòlids, es farà un buidat del pou diari. Aquest buidat de pou es tracta d'apurar el nivell del pou fins el nivell abans de que la bomba comenci a aspirar aire. És un procés delicat ja que si impulsem aire podem tenir problemes si les vàlvules de purga no funcionen correctament, per altre costat ens estalviarem neteges de pou, mals funcionaments de les boies per acumulació de grasses, embussaments per l'acumulació de sòlids i grasses, menys olors al bombament, etc.

Per la pantalla o SCADA es podrà programar la hora d'inici de buidat de pou i la freqüència de buidats, és a dir, diàriament, cada dos dies, setmanalment, etc. En el moment d'iniciar el buidat, es des habilitaran totes les bombes dels blocs d'alternança i començarà el buidat del pou. Cada dia es realitzarà amb una bomba diferent, així si una bomba s'embussa seguirem tenint les altres dos per el procés normal de funcionament, ja que hi ha més probabilitats de que s'embossi la bomba que realitza el buidat, tot hi així no hauria de passar, ja que un cop finalitzat el buidat es durà a terme un procés d'inversió de totes les bombes.

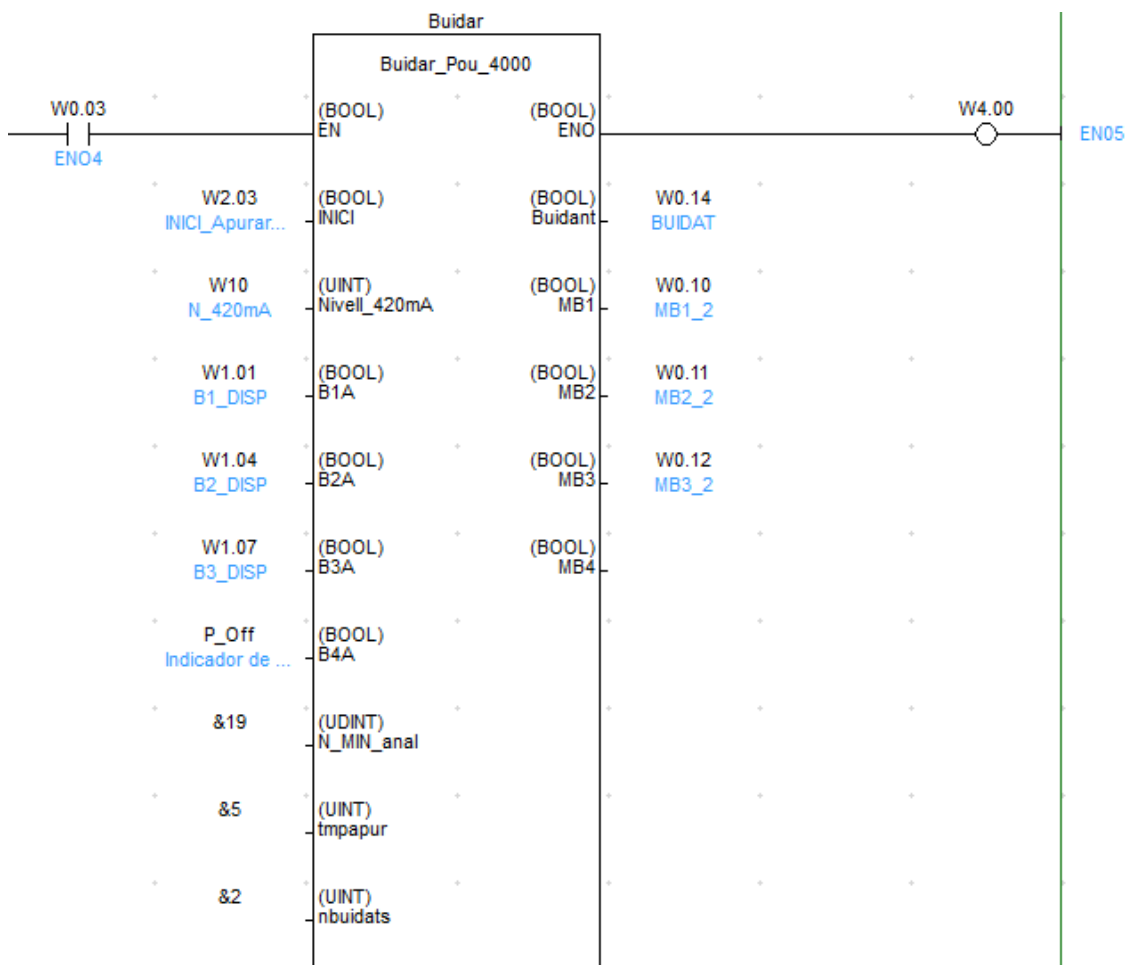


Figura 55: Bloc funcions buidat pou

Com es pot veure en el bloc de funcions de la figura 49, el procés s'inicia per un bit que s'activa a l'hora i dia programats. En tot moment el bloc llegeix el nivell del pou per l'entrada analògica del PLC. En aquest bloc també té en compte les bombes disponibles en el pou, si hi ha només una bomba disponible, el procés de buidat no s'inicia. Un cop arribat al nivell de buidat, s'espera a que el nivell pugi fins al nivell programat per tornar a buidar, i així com tants cicles tingui programat el bloc. Si el nivell del pou no arriba en 15min al nivell de buidat, s'aturarà el procés de buidat i es donarà per finalitzat, això és per seguretat, per tant es recomanable posar una hora de buidat fora de les hores de cabals punta.

Els paràmetres de configuració del bloc, que també es poden modificar des de la pantalla tàctil o l'SCADA són: el nivell al qual es vol aturar la bomba en el procés de buidat (N\_MIN\_anal), el temps que es vol estar seguint impulsant un cop arribat a aquest nivell (tmpapur) i el nombre de vegades que es vol apurar (nbuidats) en un cicle.

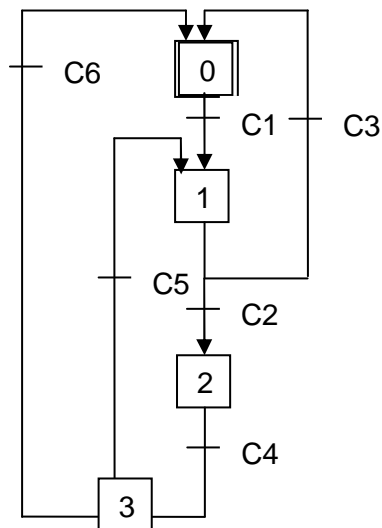


Figura 56: GRAFCET bloc funcions buidat pou

Estat 0	Buidat pou en repòs
Estat 1	Buidat pou, inici temporitzador temps màxim buidat
Estat 2	Buidant pou, inici temporitzador temps buidant per sota nivell buidat
Estat 3	Estat entremig
Condió 1	Inici buidat per programació, mínim de 2 bombes, Nivell > Nivell buidat
Condió 2	Nivell apurat màxim
Condió 3	Temporitzador temps màxim buidat
Condió 4	Temporitzador temps buidant per sota nivell buidat
Condió 5	Nombre cicles igual o inferior a nombre cicles programació
Condió 6	Nombre cicles superior a nombre cicles programació

Taula 9: Estats i condicions GRAFCET figura 55

A part del control de les bombes, el programa també incorpora el control del funcionament de la reixa automàtica. El funcionament de la reixa automàtica serà segon la programació temporitzada a través de la pantalla o del SCADA, o bé, per una boia situada en el canal d'entrada de la reixa, que en cas d'estar molt obstruïda, pujaria el nivell del canal d'entrada enfront del nivell del pou i així es posaria en marxa, desobstruint-la i normalitzant el nivell d'entrada.

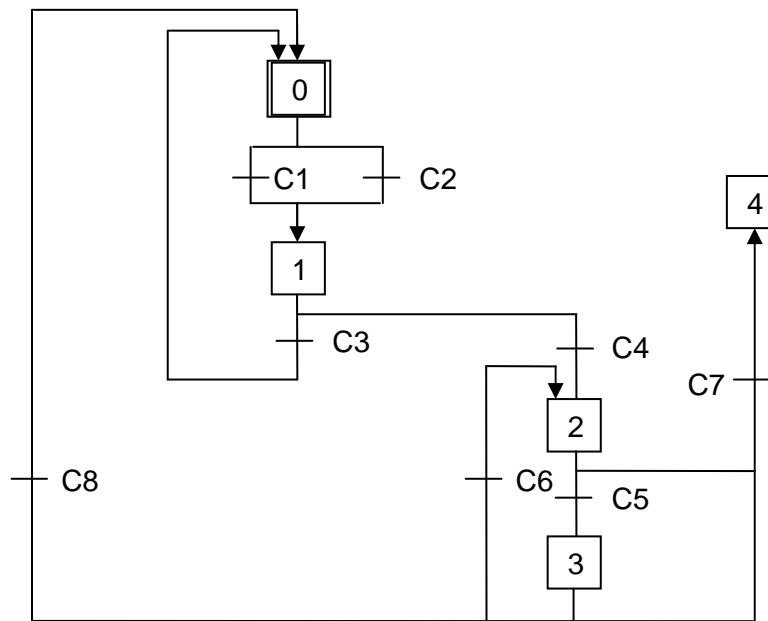


Figura 57: GRAFCET bloc funcions reixa automàtica

Estat 0	Reixa aturada, inici temporitzador funcionament per temps
Estat 1	Marxa reixa endavant, inici temporitzador aturada per temps
Estat 2	Marxa inversa de la reixa, inici temporitzador marxa inversa
Estat 3	Marxa directa de la reixa, inici temporitzador marxa directa, increment comptador cicles
Estat 4	Avaria reixa, aturada sense funcionament
Condició 1	Boia marxa reixa
Condició 2	Temporitzador inici marxa per temps
Condició 3	Temporitzador aturada reixa per temps i no boia marxa reixa
Condició 4	Sortida digital variador freqüència per sobreconsum
Condició 5	Temporitzador marxa inversa reixa o sobreconsum i nombre d'avaries inferior a avaries màximes per hora
Condició 6	Temporitzador marxa directa reixa i comptador cicles inferior a nombre cicles a realitzar o sobreconsum i nombre d'avaries inferior a avaries màximes per hora
Condició 7	Nombre d'avaries màximes per hores superat
Condició 8	Cicles inversió igual a nombre cicles inversió programat

Taula 10: Estats i condicions GRAFCET figura 57

A més en cas de que quedi obstruïda per un objecte a l'entrada, el variador de freqüència activarà una sortida digital per consum elevat i el PLC farà girar inversament la reixa per intentar treure el sòlid que provoca l'obstrucció.

El bloc de funcions del PLC seria el següent:

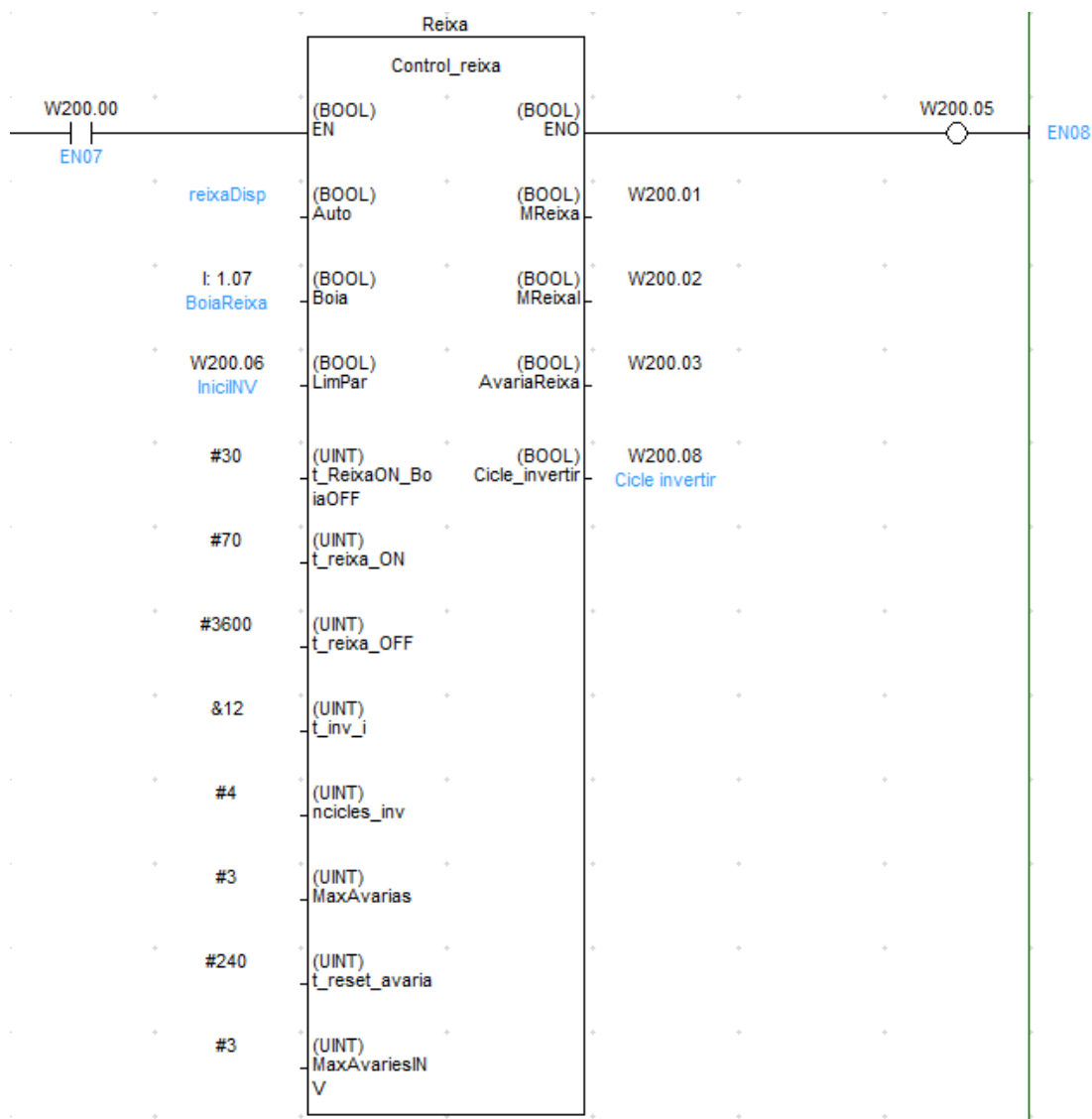


Figura 58: Bloc funcions control reixa

En aquest bloc de funcions es pot observar que s'ha dissenyat per tal de poder configurar-ho des de la pantalla o SCADA, els temps de marxa i aturada, temps invertint, nombre cicles inversió, màxim avaries i durant quant de temps es poden realitzar aquest nombre d'avaries. L'inici de funcionament és determina per les entrades digitals de "BoiaReixa" i "InicilNV", que són la boia de marxa i la sortida digital del variador de freqüència respectivament. I a les sortides tenim la marxa directe, marxa inversa i avaria.

Per tal de poder obtenir dades d'arrencades i hores de funcionament de les bombes i la reixa, s'ha realitzat un bloc de funcions per comptabilitzar-ho i poder-ho llegir des del SCADA i la pantalla.

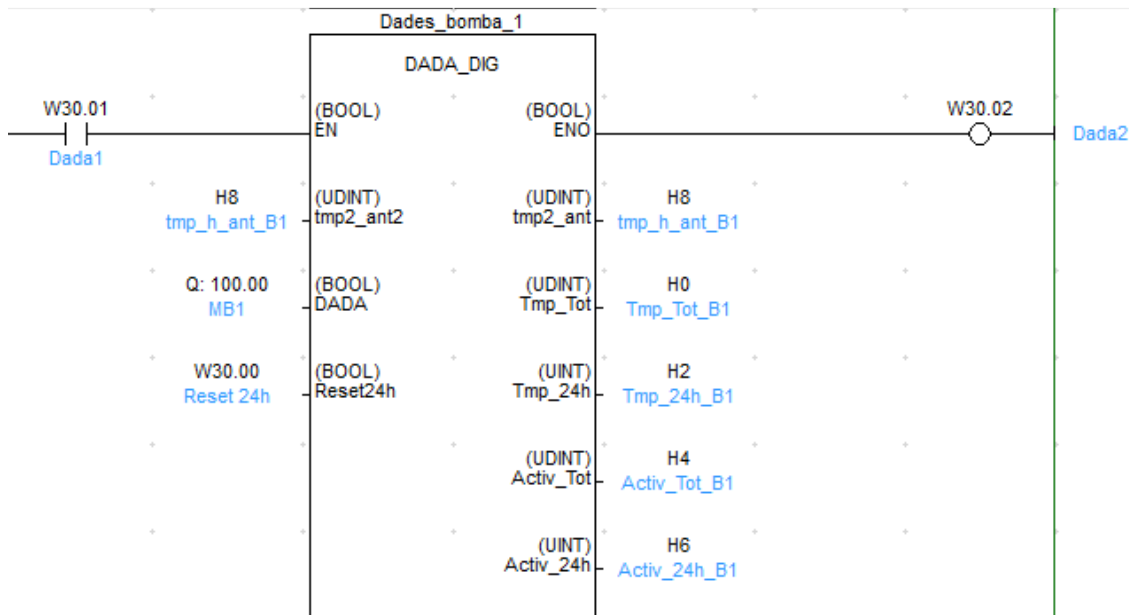


Figura 59: Bloc funcions dades funcionament

Aquest bloc de funcions, a través d'una entrada digital de funcionament de la bomba comptabilitza les hores de funcionament totals i les realitzades en les últimes 24 hores, com també les arrencades totals i les realitzades en les últimes 24 hores. Això permetrà tenir informació dels minuts de funcionament per arrencada, i així poder determinar si una bomba està embussada o desgastada, ja que els minuts per arrencada augmentaria.

Aquest seria tot el procés de control de les bombes del pou. El programa sencer i la programació en Pascal de tots els blocs de funcions es poden trobar a l'annex del projecte.

### 3.3.2. Variadors de freqüència

Per tal de controlar les bombes submergibles i la reixa automàtica, s'utilitzaran variadors de freqüència. L'avantatge d'utilitzar variadors de freqüència són molts, primer de tot el variador no té elements mòbils, sinó que utilitza semiconductors, així al no tenir contactes, no hi haurà el tipus d'avaries derivats d'ells. Permet arrencades i aturades suaus, és un dels principals motius per el qual escollim variadors, ja que podem controlar l'aturada de la bomba amb una rampa suau i evitar el cop d'ariet. També limita la corrent al posar en marxa la bomba, i evitem els pics d'intensitat en la posada en marxa d'un motor. Podem saber diferents paràmetres en temps real del

consum, tensió i potència consumida del motor. També sense necessitat de modificar el cablejat dels motors, podem invertir el sentit de gir del motor o bomba. A més contribueixen a l'estalvi energètic, disminuint la potència activa consumida i sobretot reduint la potència reactiva, fent pràcticament innecessari col·locar condensadors per reduir el factor de potència.

Per al control de les bombes i el motor de la reixa es necessita un variador de freqüència que disposi d'una entrada analògica per el seu control de velocitat, una sortida analògica per saber el seu consum, dos entrades digitals per poder seleccionar l'ordre de marxa endavant i una altra per la marxa inversa, una sortida digital d'alarma, una entrada digital per fer resets en cas d'averies, una sortida de confirmació de marxa i una entrada digital per funcionament a freqüència fixa.

Amb aquests requisits, compleixen la major part dels variadors de freqüència que hi ha al mercat, per relacions de qualitat preu s'han elegit els variadors de freqüència del fabricant Mitsubishi.



Figura 60: Variador de freqüència  
Mitsubishi FR-F700

Dins l'ampli ventall de variadors de freqüència del fabricant Mitsubishi, seleccionem la sèrie FR-F700, que incorpora el nombre d'entrades i sortides digitals necessàries per la nostra instal·lació, i el seu rang de potències va de 0,7kW a 55kW.

Les bombes tenen una potència nominal de 45kW i el motor de la reixa automàtica 1,5kW.

Per les bombes, s'ha seleccionat el variador de freqüència FR-F740-00930-EC i per el motor de la reixa el variador de freqüència FR-F740-00038-EC

	<b>FR-F740-00038-EC</b>	<b>FR-F740-00930-EC</b>
Potència nominal del motor (kW)	1,5kW	45kW
Corrent nominal (A)	3,8A	93A
Capacitat sortida (kVA)	2,9kVA	70,9kVA
Rang de freqüència	0,5	400Hz
Freqüència commutació	0,7kHz-14,5kHz	0,7kHz-14,5kHz
Placa amb doble capa vernís	158592	158602
Entrades digitals	13	13
Sortides digitals	7	7
Entrades analògiques	3	3
Sortides analògiques	2	2
Comunicacions	Port sèrie	Port sèrie

Taula 11: Característiques variadors de freqüència sèrie FR-F740

A més els variadors incorporaran les plaques de control amb doble capa de vernís per evitar avaries en els circuits electrònics per corrosió al estar en ambients corrosius. El model de placa de control amb la doble capa de vernís serà el 158592 per el FR-F740-00038-EC i la placa 158602 per el FR-F740-00930-EC.

Les entrades digitals tal i com es pot observar a la figura 55, venen programades cada una d'elles amb una funció diferent. Aquestes entrades es poden re programar i modificar la seva funció per adaptar al seu ús.

També incorporen un display i un control a la part frontal, per comandar el variador de freqüència localment, per visualitzar els diferents valors (consum, freqüència, etc.) i per traspasar la programació d'un variador a l'altre o programar-lo. També es pot programar a través de software per port sèrie.

Les entrades digitals accepten tant el funcionament per una font de tensió externa com a través d'una font de tensió pròpia dins el variador de freqüència. En aquests variadors s'utilitzarà la font d'alimentació interna de cada variador de freqüència, així no depenem únicament del funcionament d'una sola font d'alimentació.

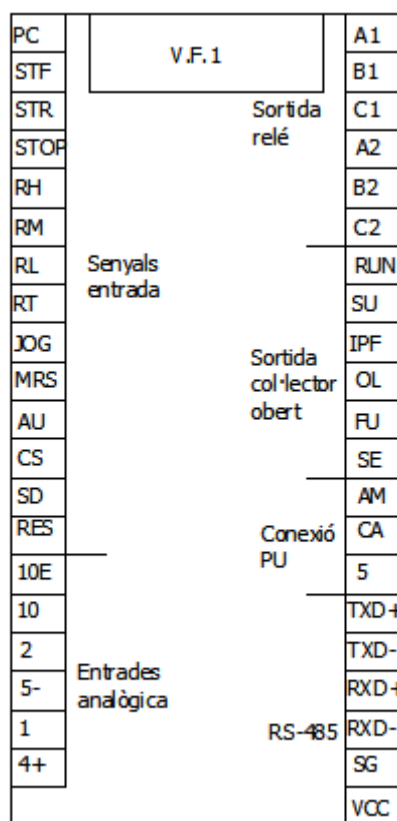


Figura 61: Entrades i sortides del panell de control

S'utilitzarà la font interna del variador per alimentar les entrades digitals. La sortida de tensió de la font d'alimentació es la sortida PC del variador. La entrada STF, s'utilitzarà per donar l'ordre de marxa endavant al variador de freqüència, l'entrada STR serà l'ordre de marxa inversa. L'entrada RH, serà per donar l'ordre de marxa a freqüència màxima per utilitzar en la marxa manual del variador de freqüència a través del selector manual de la bomba, l'entrada AU s'alimentarà directament de la font d'alimentació per tal de que llegeixi el valor de freqüència a través de l'entrada analògica 4-20mA per les entrades 5- i 4+, l'entrada per treure l'avaria del variador i fer-li un reset, serà la entrada RES. Per les sortides, s'utilitzaran les dos sortides per relé A1-C1 i B1-C1, que són entrades normalment obertes, per senyalitzar avaria i confirmació de marxa respectivament. La sortida analògica de consum de la bomba serà per la sortida 5.

A continuació es detalla la configuració dels paràmetres del variador que s'han modificat, no es mostren els paràmetres que no s'han modificat.



Paràmetre	Definició	FR-F740-00930-EC	FR-F740-00038-EC
1	Freqüència màxima	50Hz	50Hz
2	Freqüència mínima	46,6Hz	50Hz
3	Freqüència RH	50Hz	-
7	Temps acceleració	3	10
8	Temps frenat	20	10
38	Freqüència a 4mA	46,6Hz	-
39	Freqüència a 20mA	50Hz	-
79	Selecció de funcionament	3	3
80	Potència nominal motor	45kW	1,5kW
83	Tensió de xarxa del motor	400V	400V
171	Assignació funció STF	60	60
178	Assignació funció STR	61	61
182	Assignació funció RH	2	-
183	Assignació funció RES	62	62
192	Funció sortides A1,B1,C1	0	0
193	Funció sortides A2,B2,C2	99	3
267	Funció terminal 4	0	-

Taula 12: Configuració paràmetres variadors de freqüència de les bombes i motor reixa.

El paràmetre 1, ens indica la freqüència màxima a la que funcionarà el motor, tant per la reixa com per les bombes aquesta freqüència serà de 50Hz.

El paràmetre 2, ens indica la freqüència mínima a la que funcionarà el motor, en les bombes aquesta freqüència segons la corba de la figura 24, tenim que serà de 46,6Hz ja que a menys velocitat no assoliria l'alçada manomètrica i no podria impulsar la bomba, mentre que el motor de la reixa, serà 50Hz, no tindrà un control de freqüència ja que per l'aplicació no és necessari variar la velocitat a menys que es vulgui augmentar o reduir la velocitat de gir, però no per control remot sinó per programació del variador.

El paràmetre 3, només ho tindrem en el variador per les bombes, ja que per l'entrada RH voldrem tenir una freqüència fixa sense regulació de 50Hz quan el selector de la bomba estigui en manual.

El paràmetre 7, és el temps d'acceleració del motor, per la bomba volem que sigui una arrancada ràpida, això evitarà que la bomba s'embussi quan es posi en marxa, els 3 segons són per evitar una posada en marxa directa, mentre que en la reixa volem una posada en marxa lenta per evitar un parell alt amb un sobre consum que ens pugui disparar la sortida per sobre consum del variador.

El paràmetre 8, és el temps de frenada del motor, a la bomba es farà una frenada lenta de 20s, que s'haurà d'ajustar empíricament per evitar un cop d'ariet al col·lector d'impulsió, en la reixa la frenada serà igual a la posada en marxa per evitar parells alts i consums elevats.

El paràmetre 38 i 39, només afectarà als variadors de les bombes, ja que és l'escalat de freqüència 4-20mA que realitzarà la regulació entre 46,6Hz i 50Hz.

El paràmetre 79 és la selecció de funcionament del variador de freqüència, el valor del paràmetre serà 3. El valor 3 significa que el control de freqüència es realitzarà a través del panell de control frontal, per una entrada analògica en els terminals 4-5 o per una entrada digital de configuració de velocitat; els comandaments d'ordre de marxa directa i inversa es realitza a través d'entrades digitals. Amb altres valors diferents del 3 es pot configurar per controlar-ho només localment, externament, per comunicació sèrie, etc.

El paràmetre 80 i 83 són de configuració de les característiques dels motors que alimentarà el variador.

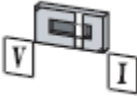
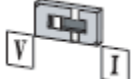

El paràmetre 171, és per configurar l'a primera entrada del variador, posant el valor a 60 es diu que la funció serà de marxa endavant. El mateix passa amb el paràmetre 178 amb el valor 61, que significa marxa inversa.

El paràmetre 182 per la tercera entrada digital, només l'utilitzem en els variadors de les bombes, amb el valor 2, indicarà que aquesta entrada anirà a velocitat ràpida, i aquesta velocitat serà 50Hz, activada per el selector manual de la bomba.

El paràmetre 192 indica la configuració del primer relé amb dos contactes commutats, amb el valor 0, aquest relé s'activarà al posar-se en marxa la bomba, així tindrem una sortida de confirmació de marxa.

En el 193, configurem el segon relé amb dos contactes commutats. En el variador de les bombes tindrem el valor 0, s'activarà quan hi hagi una avaria en el variador, les advertències no afecten, mentre que en el variador de la reixa el valor serà 3, per indicar actuant el relé quan hi hagi un sobre consum superior al consum nominal del motor.

El paràmetre 267, és la configuració de l'entrada analògica 4. En el variador de la reixa no l'utilitzem al no regular la velocitat del motor, però en les bombes es vol una regulació 4-20mA. El valor per aquesta configuració serà 0.

Pr.num	Nom	Valor inicial	Valors	Descripció	
267	Funció terminal 4	0	0		4-20mA
			1		0-5V
			2		0-10V

Taula 13: Configuració paràmetre 267 FR-F740

A més de configurar el paràmetre 267 al valor 0, és necessari seleccionar amb un interruptor físic a la placa de control del variador, que l'entrada serà per intensitat.

Aquesta serà la configuració dels variadors de freqüència de l'EBAR, es pot observar el cablejat del variador en l'esquema elèctric adjunt a l'apèndix de la memòria.

### 3.3.3. Mesurador de nivell

Per dur a terme el control de les bombes, és necessari saber el nivell d'aigua instantani del pou. A més d'utilitzar boies per un control de les bombes en cas de que el mesurador de nivell no funcioni, és necessari un sistema per controlar analògicament aquest nivell. Hi ha diferents sistemes per fer-ho, hi ha sondes de pressió, mesuradors làser, sondes de conductivitat o ultrasons. Al tenir molts sòlids l'aigua residual, fa inviable utilitzar sondes de pressió ja que les membranes que utilitzen per detectar la pressió es poden tapar per sòlids i no funcionar correctament, al igual que els sistemes per làser, al variar la reflectància de l'aigua depenent de la seva terbolesa, pot no funcionar correctament. Així que el millor sistema per utilitzar amb aigües residuals és els sistemes per ultrasons.

Hi ha diferents equips, alguns amb l'electrònica incorporada dins el mateix sensor, i altres amb l'electrònica separada del sensor d'ultrasons. Per evitar problemes al estar l'electrònica dins el pou, s'utilitzarà un amb l'electrònica separada, que podrà estar dins el mateix quadre elèctric.

També serà necessari que incorpori dos sortides analògiques 4-20mA per enviar la informació al PLC i a la comporta, com sortides digitals per indicar que està funcionant correctament.

Amb aquestes condicions s'ha seleccionat el mesurador de nivell per ultrasons Multiranger 100 de Milltronics, Siemens.



Figura 62: Mesurador nivell Multiranger 100 Milltronics

Aquest mesurador va alimentat a 230Vac, pot treballar fins a 2000m d'alçada, a unes temperatures entre -20 i 40°C. El seu rang de mesura va de 0m a 15m amb una precisió de 6mm i una resolució de 2mm.

Es programa localment a través d'un comandament a distància per infrarojos. I té un display LCD al frontal on es pot veure la configuració i el nivell detectat per el ultrasò, com de les sortides digitals que estan activades.

Disposa de dos sortides analògiques 0-20mA o 4-20m. I 6 sortides per relé.

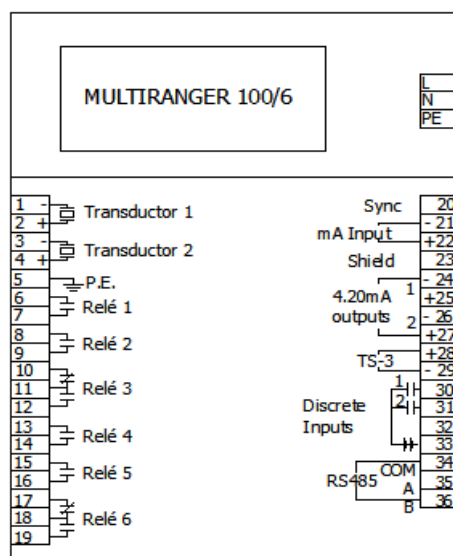


Figura 63: Entrades i sortides Multiranger 100

A continuació es detallarà la configuració de la programació del mesurador de nivell per tal de funcionar en les condicions de l'EBAR.

Paràmetre	Descripció	Valor
P001	Tipus de funcionament	1
P002	Tipus de material	1
P003	Velocitat canvi de nivell	2
P004	Model transductor	102
P005	Unitats	1
P006	Distància des del transductor al fons	3,75
P007	Alçada màxima mesurada (P006-0,33m)	3,42
P111	Funcionament relés	(1)6 (2)1
P112	Paràmetre d'ajust ON per cada relé	(1)- (2) 0.1
P113	Paràmetre d'ajust OFF per cada relé	(1)- (2) 0.0
P118	Lògica de relés	(1)1 (2) 2
P802	Transductor submergible	1

Taula 14: Configuració Multiranger 100 per l'EBAR.

El tipus de funcionament, paràmetre 1, tindrà el valor 1, per indicar que el que es vol mesurar és nivell. Aquest mesurador també permet mesurar cabal, espai lliure, etc. Però necessitem saber l'alçada d'aigua que tenim al pou.

En el paràmetre 2, li donem el valor 1, per indicar que el material a mesurar serà aigua, altres materials tenen un comportament diferent amb els ultrasons, per això cal especificar-ho.

En el paràmetre 3, li donem el valor 2, per indicar que la velocitat màxima del nivell del pou serà de 1m/min. Els altres valors possibles de programació són 0,1m/min i 10m/min. Per la capacitat d'impulsar de les bombes es creu el més adient el valor de 1m/min. Això simplement servirà per la precisió dels valors del nivell del pou i descartar el mesurador els valors fora de rang si es supera una diferència de nivell massa elevada.

En el paràmetre 4, el valor serà 102 per indicar que el transductor que anirà connectat a l'electrònica del mesurador serà un XPS-10. Aquest transductor s'ha elegit per ser submergible. Com estarà dins el pou, pot arribar a quedar submergit degut a algun fallo de les bombes o EBAR.

En el paràmetre 5 es selecciona les unitats de mesura, el valor serà un 1 per indicar que mesurarem en metres.

El paràmetre 6 és la mesura en les unitats seleccionades en el paràmetre 5, de la distància del ultrasò al fons del pou, i el paràmetre 7 es configura automàticament essent el valor del paràmetre 6 menys 0,33m. Aquests 0,33m són la zona de visió

morta del ultrasò, entre els 0 i els 0,33m de distància el ultrasò no és capaç de donar una bona mesura. Per tant es considerarà aquesta distància el 100% del pou.

En el paràmetre 111, es defineix la funció dels relés a utilitzar, en el nostre cas, tindrem dos relés en sèrie per indicar que el mesurador està correcte. El primer relé serà un contacte normalment tancat, seleccionat en el paràmetre 118 amb el valor 1, i tindrà la funció del paràmetre 111 programat a 6, això vol dir que el relé s'obrirà si el transductor perd l'eco. El segon relé serà un contacte normalment obert, seleccionat en el paràmetre 118 amb el valor 2, i tindrà la funció del paràmetre 111 programat a 1, que indica ON-OFF segons els valors dels paràmetres 112 i 113. Aquests dos valors estaran programats a 0,1m per l'activació i 0m per la desactivació. Com que aquests valors estan en un estat pràcticament impossible ja que mai arribarà a aquest nivell, només es podria desactivar amb un valor de nivell negatiu, l'utilitzarem connectant en sèrie amb el de pèrdua d'eco. D'aquesta forma tindrem la seguretat que funciona per l'eco i per tenir alimentació en el mesurador, si perd l'alimentació aquest segon relé s'obrirà.

#### 3.3.4. Pantalla tàctil

Per tal de manipular manualment l'EBAR des del quadre elèctric, a part de tenir els comandaments principals de aturar, manual i automàtic de la bomba, s'incorporarà una pantalla tàctil on es podrà veure el nivell del pou gràficament, veure l'històric d'avaries, de nivell del pou, etc. I facilitar al personal de manteniment les tasques de manteniment de l'EBAR al tenir més informació. També es podrà programar el sistema de buidats i inversió de les bombes, forçar inversions de les bombes per desembussar-les, veure hores de funcionament, etc.

Aquesta pantalla estarà connectada al PLC per un port sèrie. Per tal de facilitar el disseny, s'ha triat una pantalla de les característiques necessàries del fabricant OMRON com el PLC.

El model seleccionat és el NS8-TV01-V1, és una pantalla LCD TFT de 8". S'alimentarà a 24Vdc. Estarà connectada al PLC per una connexió sèrie. La programació de la pantalla es durà a terme mitjançant una entrada USB de la mateixa pantalla.



Figura 64: Pantalla OMRON NS8

La programació de la pantalla es realitza a través del software CX-Designer de CX-ONE, software d'OMRON.

La pantalla tàctil constarà de diferents pantalles de control. Tindrà una pantalla principal on es podrà observar el nivell del pou, el funcionament de les bombes junt amb la freqüència i la intensitat consumida que ens donarà el variador de freqüència. Aquest serà el menú principal. A més incorporarà uns polsadors per canviar de pantalla.

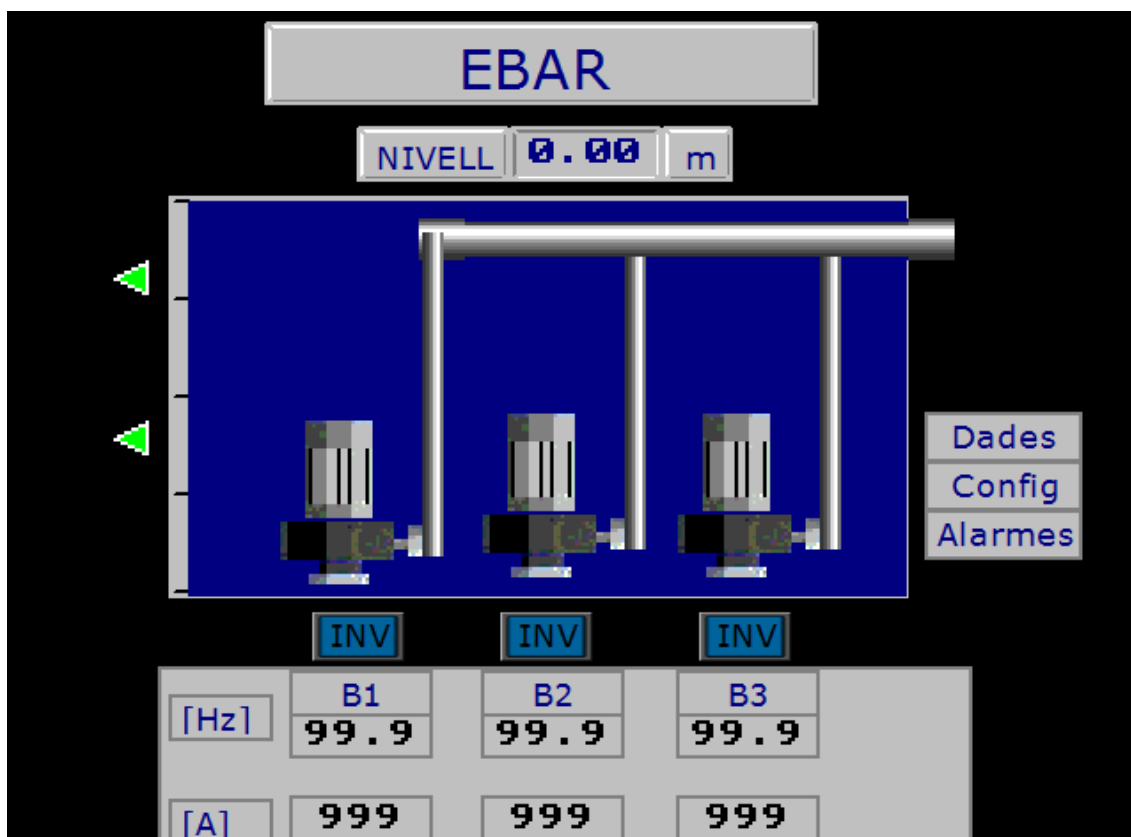


Figura 65: Pantalla principal del programa dissenyat de la pantalla tàctil NS8

El nivell del fons en blau, s'escala automàticament en percentatge de 0 a 100% del nivell del pou per tenir una referència visual del nivell del pou, en la part superior es mostra el nivell del pou en metres.

També es visualitza la freqüència i intensitat de cadascuna de les bombes.

En la part inferior de cada bomba, hi ha un polsador de invertir. Prement-lo, s'iniciarà un procés d'inversió de la bomba tal i com es pot comprovar en l'apartat de programació del PLC.

Les bombes mostraran un color diferent segons l'estat en que estan.

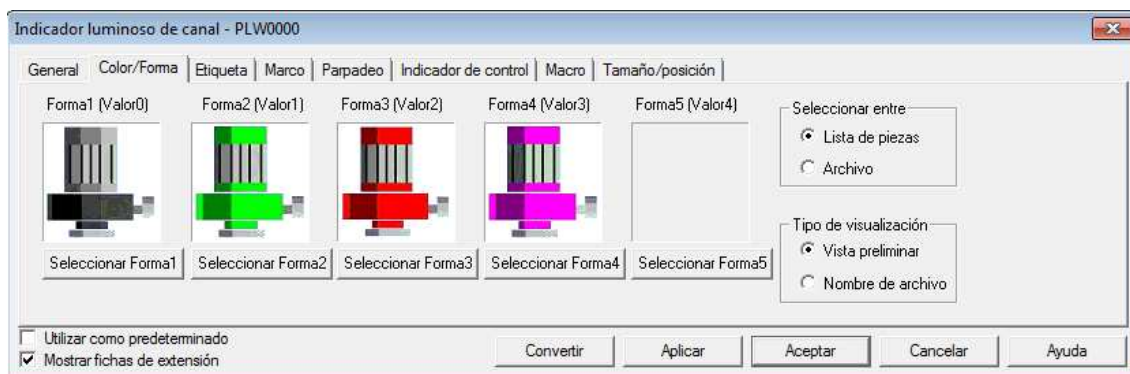


Figura 66: Configuració estats bombes

En color negre, la bomba està aturada i no està en cap estat. En color verd, significa que la bomba està en marxa en funcionament normal, tant en manual com en automàtic. En vermell, indicarà l'estat de bomba avariada i fora de servei. I en l'estat lila, podrem comprovar que la bomba es troba dins l'estat d'inversió.

La pantalla de dades, que es pot accedir des de la pantalla principal, té la següent aparença.

	B1	B2	B3
Freqüència [Hz]	99.9	99.9	99.9
Consum [A]	999	999	999
Hores Func.	99999	99999	99999
Arrancades	99999	99999	99999
Avaries	99999	99999	99999
Min. Func. 24h	9999	9999	9999
Arrancades 24h	999	999	999
Avaries 24h	999	999	999

Figura 67: Pantalla dades del programa dissenyat de la pantalla tàctil NS8



En aquesta pantalla es pot observar la freqüència i consum instantani de les bombes, tal i com es pot veure també en la pantalla principal del programa. A més es pot veure el nombre d'hores de funcionament de les bombes, nombre d'avaries, nombre d'arrencades, etc. Tant en totalitzador, com en les últimes 24 hores.

Aquests valors els llegeix la pantalla del PLC utilitzant els blocs de funcions de la figura 53. Des de la pantalla es poden llegir directament canals del PLC sense cap tipus de programació, simplement indicant quin canal del PLC ha de llegir i el tipus de dada.

Prement el polsador d'alarmes de la pantalla principal, ens mostrarà un registre de les últimes alarmes, com un històric, o de les alarmes actives en aquell moment.

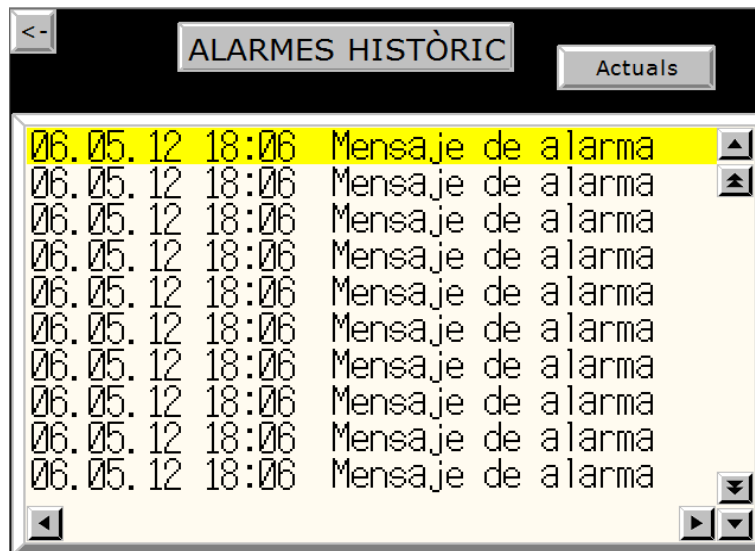


Figura 68: Pantalla alarmes històric del programa dissenyat de la pantalla tàctil NS8

En la figura 62 es pot observar el registre d'avaries com a històric. Prement el polsador de "Actuals", es veurien les alarmes activades actualment.

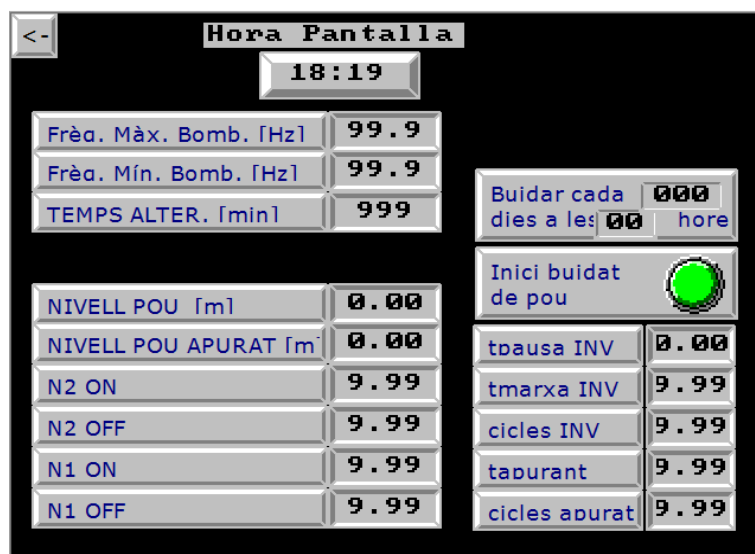


Figura 69: Pantalla configuració del programa dissenyat de la pantalla tàctil NS8

En la pantalla de configuració es poden modificar els diferents paràmetres de configuració dels blocs de funció de control de les bombes, d'inversió i apurat del pou mostrats en l'apartat de programació del PLC. Això facilitarà la manipulació manual d'aquests paràmetres evitant hores de tècnic en programació d'autòmats per realitzar modificacions de paràmetres del programa.

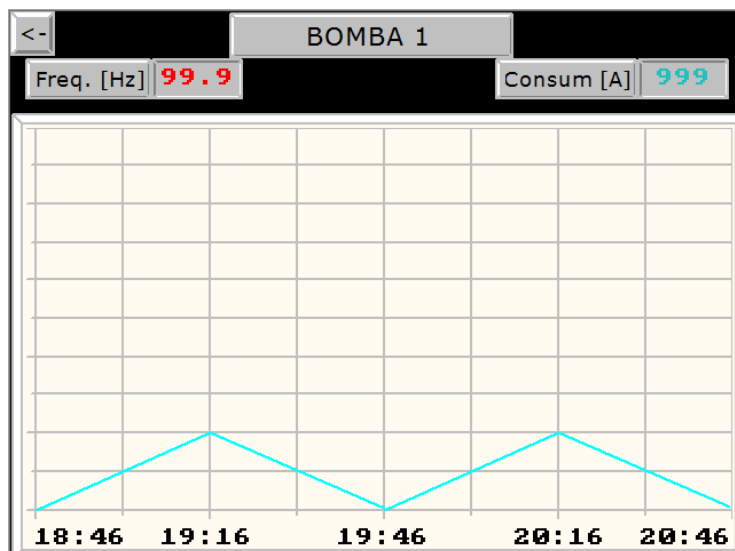


Figura 70: Pantalla informació bomba del programa dissenyat de la pantalla tàctil NS8

Prement una bomba en la pantalla principal, ens mostrarà l'històric gràficament del consum i freqüència de la bomba seleccionada. Això ens permetrà comprovar el funcionament de la bomba en l'últim dia per comprovar el seu estat, si s'ha embussat o quin funcionament ha realitzat. Al igual que es tindrà aquesta gràfica, també es tindrà la gràfica del nivell del pou prement el dibuix del pou o el valor del pou en la pantalla principal com es pot veure a la figura 71.

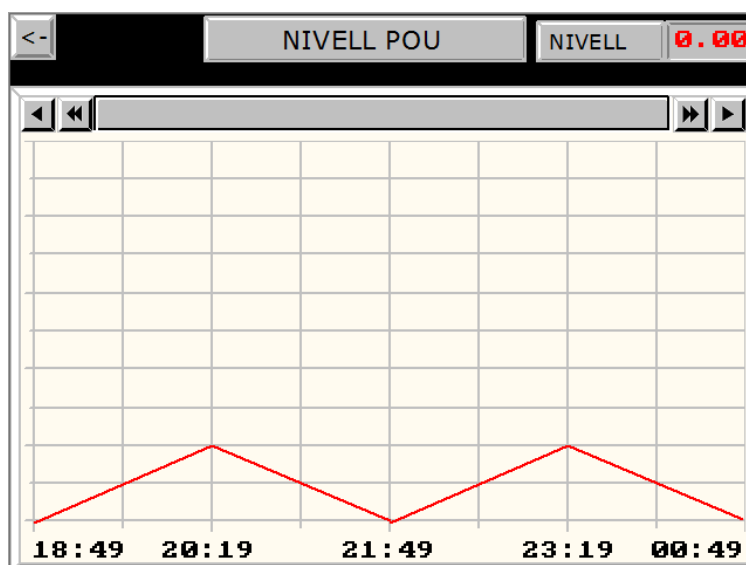


Figura 71: Pantalla informació nivell pou del programa dissenyat de la pantalla tàctil NS8

Aquestes seran totes les pantalles de la pantalla tàctil que hi haurà al quadre elèctric. Des de l'SCADA també es podran modificar aquests valors de configuració que s'han pogut configurar en la pantalla de configuració.

### 3.3.5. Ventilació

En l'instal·lació original de l'EBAR, no hi havia cap tipus de ventilació, provocant acumulacions d'humitats, gasos i creant un ambient corrosiu.

Per tal de garantir la seguretat en el treball del treballador i per a la millora del funcionament dels equips a l'EBAR, per evitar un augment de la temperatura i un augment de concentració de gasos, es realitzarà una ventilació forçada. El nombre de renovacions per garantir un bon ambient serà de 40 renovacions per hora en la sala de les bombes i de 20 renovacions per hora en la sala de quadres elèctrics i grup electrogen.

Les dimensions de la instal·lació són les següents:

Superfície	31,02 m <sup>2</sup>
Alçada	2,80m
Volum	86,85m <sup>3</sup>

Taula 15: Dimensions planta 0

$$Q_t = N^{\circ} \text{Renovacions} \cdot V \quad (\text{Eq.24})$$

$$Q_t = 20 \cdot 86,85\text{m}^3 = 1737\text{m}^3/\text{hora} \quad (\text{Eq.25})$$

Es necessita per tant una ventilació de 1737m<sup>3</sup>/h, que equival a 0,48m<sup>3</sup>/s.

Superfície	43,45m <sup>2</sup>
Alçada	2,85m
Volum	123,83m <sup>3</sup>

Taula 16: Dimensions planta -1

$$Q_t = 40 * 123,83\text{m}^3 = 4953\text{m}^3/\text{hora} \quad (\text{Eq.26})$$

Es necessita per tant una ventilació de 4953m<sup>3</sup>/h, que equival a 1,3m<sup>3</sup>/s.

Es col·locaran dos equips independents, un per cada sala de l'edifici. La sala del quadre elèctric, s'instal·larà un equip de la marca SODECA, un ventilador tubular que compleixi els requisits obtinguts anteriorment. El model escollit es el NEOLINEO 315. Alimentant a 400Vac, amb un consum de 1,32A i aporta un cabal màxim de 2300m<sup>3</sup>/h.

La seva instal·lació es tubular amb un diàmetre nominal de 300. La sortida de l'aire de la sala serà natural per reixetes instal·lades dins la sala de quadres elèctrics, ja que l'aire serà injectat a dintre i no extret.



Figura 72: Ventilador tubular  
SODECA NEOLINEO 315

A la sala de bombes, el model elegit serà del mateix fabricant SODECA, el model CB-2240-BT. Es tracta d'un ventilador més potent, amb alimentació trifàsica 400V, amb un consum de 5,36A i una potència de 2,2kW. El cabal màxim que pot impulsar es de 7000m<sup>3</sup>/h. L'aire l'obtindrà de la part superior d'un fanal connectat a una caldereria fins a la sala de les bombes.



Figura 73: Ventilador centrífug  
SODECA CB-2240-BT

Aquest serà el sistema de ventilació forçada de l'EBAR. Es disposarà d'un selector en el quadre elèctric per aturar la ventilació en cas de ser necessari.

### 3.3.6. Il·luminació

La il·luminació es durà a terme mitjançant il·luminació fluorescent majoritàriament. Segons el tipus d'instal·lació, s'ha classificat com a zona d'activitat mitja, o manteniment esporàdic. Per tant es voldrà aconseguir una il·luminació de 325 lux.

Segons les dimensions de la sala i les reflectàncies aproximades de parets i terra, s'instal·laran quatre lluminàries de 2x36W IP67 en la sala de les bombes i dos lluminàries de 2x 36W en la sala del quadre elèctric.

A més s'instal·larà en la porta de sortida exterior de la sala de quadres elèctrics i en la porta de sortida exterior de la sala de bombes una lluminària d'emergència. Aquesta lluminària serà de 8W IP65, amb una autonomia de 30min, i un funcionament per una tensió inferior al 70%.

### 3.3.7. Aparells d'elevació

En cas d'embussament, manteniment o avaries de les bombes, es disposarà d'un sistema d'elevació de la bomba fixa a la EBAR per facilitar les tasques i operacions a les bombes. Es disposarà d'una carril fixa al sostre sobre les tapes de les bombes per tal d'eleva-les amb un ternal elèctric. Aquest ternal serà únicament d'elevació, el moviment de translació serà manualment a través d'un carro que circularà per el carril del sostre.

Aquest ternal ha de poder elevar una bomba, el pes de la bomba NP-3202-HT és de 575kg.

S'ha decidit instal·lar un ternal del fabricant Vicinay Cemvisa. El model elegit és el ABK 101-1004 U.

<b>Característiques Ternal Vicinay</b>	<b>Valor</b>
Carga	1000kg
Model	ABK 101-1004 U
Grup F.E.M.	M3
Cadena	7x21mm
Velocitat	4m/min
Ramals	1
Motor	0,75kW
Pes	36kg

Taula 17: Característiques ternal Vicinay ABK 101-1004U.

### 3.4. Quadre elèctric.

#### 3.4.1. Armari

L'armari del quadre elèctric es distribuirà en tres mòduls. Dos mòduls per cada conjunt de variador de freqüència i proteccions de la bomba i un mòdul de potència i maniobra. L'armari utilitzat seran els mòduls compactes del sistema CL de Rittal. El model es realitza en mòduls de dos o de un armari. Es realitzarà a través d'un mòdul de dos portes per la potència i maniobra, un mòdul de dos portes per les bombes 1 i 2, i un mòdul d'una porta per la bomba 3. Interiorment els mòduls estan comunicats sense paret de separació entre ells. El model està realitzat amb acer, i amb una placa de muntatge galvanitzada, el model és IP55.



Figura 74: Armari sistema CL de Rittal, model 2 portes.

El model de dos portes té unes dimensions de 1200x500x1800mm i el model de una porta té unes dimensions de 600x500x1800. Les dimensions totals del nostre armari serà de 3000x500x1800mm.

L'armari inclourà un sistema de ventilació individual per mòdul, consistent en un ventilador de 33W i 230ac per mòdul. També inclourà un fluorescent de 8W per mòdul amb un interruptor al mateix fluorescent per poder realitzar les tasques del quadre correctament.

El quadre elèctric estarà situat a la planta baixa de l'edifici, juntament amb el grup electrogen. Just a sobre de la sala de les vàlvules i bombes.

#### 3.4.2. Distribució de potència i protecció

La primera part del quadre elèctric és l'aparellament de protecció de potència del quadre elèctric general, i la protecció individual de les parts més importants del quadre elèctric.

La energia consumida a l'EBAR es distribueix de la següent forma

Descripció	Potència	Consum	cosφ	Factor de simultaneïtat	Potència total	Consum total
Bomba Flygt NP-3202-HT	45kW	79A	0,89	0,66	90kW	158A
Comporta automàtica	1,5kW	2,8A	0,86	1	1,5kW	2,8A
Reixa automàtica	1,5kW	2,8A	0,86	1	1,5kW	2,8A
Ventilació	2,5kW	6,68A	0,84	1	2,5kW	6,68A
Maniobra elèctrica 24Vdc	0,2kW	8,3A	-	1	0,2kW	8,3A
Maniobra elèctrica 230Vac	0,7kW	3A	-	1	0,7kW	3A
Endolls	6,4kW	16A	-	0,50	12,8kW	32A
Ternal elèctric	0,75kW	2,2A	0,85	1	0,75kW	2,2A
Enllumenat	0,45	2A	-	0,9	0,4kW	1,8A
Analitzador de gasos	0,7kW	0,3A				0,3A
<b>Total instal·lat</b>	<b>149,7kW</b>	<b>297,08A</b>		<b>Total simultaneïtat</b>	<b>110,35kW</b>	<b>217,88A</b>

Taula 17: Distribució potència quadre elèctric.

Tenim un consum màxim de 217,88A i una potència màxima de 110,35kW. Tenim en compte un 15% més de consum per possibles modificacions futures en el quadre elèctric i que això no comporti una modificació de l'interruptor general del quadre elèctric.

Per tant l'interruptor general i la línia estarà preparada per un consum de 250,5A i una potència de 126,9kW.

L'entrada del quadre elèctric estarà protegit per un interruptor automàtic Schneider Electric Compact NSX250B.

Cada bomba estarà protegida per una protecció magnètica i tèrmica d'un interruptor automàtic Schneider Electric NSX100B TM80D 3P3R regulat a 80A.

També estaran protegides les bombes per relé electrònic de protecció diferencial RGU10 amb un transformador diferencial WG210 ambdós del fabricant Circutor.

La comporta automàtica estarà protegida per un guarda motor magneto tèrmic GV2-ME08 i una protecció diferencial Schneider Electric iID 4P 25A 300mA AC

La reixa automàtica estarà protegida per un guarda motor magneto tèrmic GV2-ME08 i una protecció diferencial Schneider Electric iID 4P 25A 300mA AC

La ventilació estarà protegida per una protecció diferencial Schneider Electric iID 4P 25A 300mA AC i d'un guarda motor magneto tèrmic GV2-ME06 per el ventilador de la planta baixa i d'un GV2-ME10 per el ventilador de la sala de bombes.

Els endolls trifàsics estaran protegits per un diferencial Schneider Electric iID 4P 25A 30mA A-SI i un magneto tèrmic Moeller PLSM-C16/E-DW

Els endolls monofàsics estaran protegits per un diferencial Schneider Electric iID 2P 25A 30mA A-SI i un magneto tèrmic Moeller PXL-C16/2.

El ternal elèctric estarà protegit per un protecció diferencial Schneider Electric iID 4P 25A 300mA AC i un guarda motor magneto tèrmic GV2-ME07.

L'enllumenat estarà protegit per una protecció diferencial Schneider Electric iID 25A 30mA A-SI i un magneto tèrmic Moeller PXL-C4/2.

L'analitzador de gasos estarà protegit per una protecció diferencial Schneider Electric iID 25A 30mA A-SI i un magneto tèrmic Moeller PXL-C4/2.

La maniobra elèctrica estarà protegida per una protecció diferencial Schneider Electric iID 25A 300mA AC i un magneto tèrmic Moeller PXL-C4/2 per la maniobra en corrent alterna i un magneto tèrmic Moeller PXL-C10/2 per la maniobra en corrent continua.

### 3.4.3. Càlcul secció cables

S'ha calculat la secció dels cables segons la intensitat màxima per línia, el factor de potència, la tensió i la potència consumida. S'ha utilitzat la taula 1 del Reglament de baixa tensió en l' instrucció ITC-BT-19.

Per el càlcul de la secció del cable s'ha utilitzat les següents fórmules:

Per línies trifàsiques

$$I = \frac{1,25 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} \quad (\text{Eq.27})$$

Per línies monofàsiques

$$I = \frac{1,25 \cdot P}{U \cdot \cos\varphi} \quad (\text{Eq.28})$$

On:

P= Potència en Watts

U=Tensió en Volts

I=Intensitat en Ampers

Cosφ= Factor de potència

Tots els cables es realitzaran amb XLPE, seran multipolars o unipolars segons el cas, i la tensió nominal d'aïllament serà de 1000V, denominació UNE RV 0,6/1 kV.

La alimentació del quadre elèctric segons els càlculs tindrà una intensitat de 314,6A. Els cables seran unipolars en tubs de muntatge superficial. Segons la taula 1 del Reglament de baixa tensió en l' instrucció ITC-BT-19, el cable serà de coure de 185mm<sup>2</sup> amb una intensitat màxima de 317A.

La alimentació de les bombes segons els càlculs tindrà una intensitat de 109,55A cada bomba. L'alimentació serà per cables multiconductors per cada bomba. Aniran en safates no perforades verticals fins a la caixa de bornes de la sala de bombes. Segons



la taula 1 del Reglament de baixa tensió en l' instrucció ITC-BT-19, el cable serà de coure de  $35\text{mm}^2$  amb una intensitat màxima de 131A.

La alimentació de la comporta automàtica segons els càlculs tindrà una intensitat de 3,78A. L'alimentació serà per cables multiconductors. Aniran en safates no perforades verticals fins a la caixa de bornes de la sala de bombes. Segons la taula 1 del Reglament de baixa tensió en l' instrucció ITC-BT-19, el cable serà de coure de  $1,5\text{mm}^2$  amb una intensitat màxima de 18A.

La alimentació de la reixa automàtica segons els càlculs tindrà una intensitat de 3,78A. L'alimentació serà per cables multiconductors. Aniran en safates no perforades verticals fins a la caixa de bornes de la sala de bombes. Segons la taula 1 del Reglament de baixa tensió en l' instrucció ITC-BT-19, el cable serà de coure de  $1,5\text{mm}^2$  amb una intensitat màxima de 18A.

La alimentació de la ventilació segons els càlculs tindrà una intensitat de 6,44A. L'alimentació serà per cables multiconductors. Aniran en safates no perforades verticals fins a la caixa de bornes de la sala de bombes i en safates verticals a la sala de quadres elèctrics. Segons la taula 1 del Reglament de baixa tensió en l' instrucció ITC-BT-19, el cable serà de coure de  $1,5\text{mm}^2$  amb una intensitat màxima de 18A.

La alimentació dels endolls segons els càlculs tindrà una intensitat de 15,98A per els endolls monofàsics i de 6,44A per els endolls trifàsics. L'alimentació serà per cables multiconductors. Aniran en safates no perforades verticals fins a la caixa de bornes de la sala de bombes i en safates verticals a la sala de quadres elèctrics. Segons la taula 1 del Reglament de baixa tensió en l' instrucció ITC-BT-19, el cable serà de coure de  $1,5\text{mm}^2$  amb una intensitat màxima de 18A.

La alimentació del ternal elèctric segons els càlculs tindrà una intensitat de 2,75A. L'alimentació serà per cables multiconductors. Aniran en safates no perforades verticals fins a la caixa de bornes de la sala de bombes i en safates verticals a la sala de quadres elèctrics. Segons la taula 1 del Reglament de baixa tensió en l' instrucció ITC-BT-19, el cable serà de coure de  $1,5\text{mm}^2$  amb una intensitat màxima de 18A.

La alimentació de l'analitzador de gasos segons els càlculs tindrà una intensitat de 3,84A. L'alimentació serà per cables multiconductors. Aniran en safates no perforades verticals fins a la caixa de bornes de la sala de bombes i en safates verticals a la sala de quadres elèctrics. Segons la taula 1 del Reglament de baixa tensió en l' instrucció ITC-BT-19, el cable serà de coure de  $1,5\text{mm}^2$  amb una intensitat màxima de 18A.

La alimentació de l'enllumenat segons els càlculs tindrà una intensitat de 1,95A. L'alimentació serà per cables multiconductors. Aniran per tubs en muntatge superficial fins a les caixes de distribució d'enllumenat de la sala de bombes i de la sala dels

quadres elèctrics. Segons la taula 1 del Reglament de baixa tensió en l' instrucció ITC-BT-19, el cable serà de coure de  $1,5\text{mm}^2$  amb una intensitat màxima de 16A.

La maniobra del quadre elèctric segons els càlculs tindrà una intensitat de 4,89A. Segons la taula 1 del Reglament de baixa tensió en l' instrucció ITC-BT-19, el cable serà de coure de  $1,5\text{mm}^2$  de secció per canal UNEX amb ranures amb una intensitat màxima de 16A.

<b>Descripció</b>	<b>Secció</b>	<b>Tipus</b>	<b>I. màxima</b>
Alimentació Q.E.	$185\text{mm}^2$	Unipolars XLPE en tubs de muntatge superficial	317A
Bomba Flygt NP-3202-HT	$35\text{mm}^2$	Cables multiconductors XLPE en safates no perforades verticals	131A
Comporta automàtica	$1,5\text{mm}^2$	Cables multiconductors XLPE en safates no perforades verticals	18A
Reixa automàtica	$1,5\text{mm}^2$	Cables multiconductors XLPE en safates no perforades verticals	18A
Ventilació	$1,5\text{mm}^2$	Cables multiconductors XLPE en safates no perforades verticals	18A
Maniobra	$1,5\text{mm}^2$	Unipolars XLPE en canal UNEX amb ranures.	16A
Endolls	$1,5\text{mm}^2$	Cables multiconductors XLPE en safates no perforades verticals	18A
Ternal elèctric	$1,5\text{mm}^2$	Cables multiconductors XLPE en safates no perforades verticals	18A
Enllumenat	$1,5\text{mm}^2$	Cables multiconductors XLPE en tubs en muntatge superficial	16A
Analitzador de gasos	$1,5\text{mm}^2$	Cables multiconductors XLPE en safates no perforades verticals	18A

Taula 18: Seccions cables elèctrics EBAR

#### 3.4.4. Caiguda de tensió

La caiguda de tensió estarà repartida en la instal·lació. Segons el reglament electrotècnic de baixa tensió en l'instrucció ITC-BT-19 apartat 2.2.2. ens diu que la caiguda de tensió màxima serà del 3% en enllumenat i del 5% per els altres usos.

Per el càlcul de la caiguda de tensió, s'ha utilitzat les següents fórmules:

Per càrregues trifàsiques

$$\Delta U\% = \left( \frac{L \cdot I \cdot \cos\phi \cdot \sqrt{3}}{C \cdot S} \right) \cdot \frac{100}{U} \quad (\text{Eq.29})$$

Per càrregues monofàsiques

$$\Delta U\% = \left( \frac{L \cdot I \cdot \cos\phi \cdot 2}{C \cdot S} \right) \cdot \frac{100}{U} \quad (\text{Eq.30})$$

On

L=Longitud en metres

I=Intensitat en Ampers

C=Conductivitat (56 per el coure)

U=Tensió en Volts

S=Secció en mm<sup>2</sup>

Per la alimentació del Q.E. , amb una longitud des del quadre de comptadors de 4m, una intensitat de 314,6A tindrà una caiguda de tensió màxima de 0,037%.

Per la alimentació de les bombes, amb una longitud des dels bornes del quadre elèctric de 13,5m, i una intensitat de 109,55A tindrà una caiguda de tensió màxima de 0,24%.

Per a la comporta automàtica, amb una longitud des dels bornes del quadre elèctric de 10,2m, i una intensitat de 3,78A tindrà una caiguda de tensió màxima de 0,29%.

Per a la reixa automàtica, amb una longitud des dels bornes del quadre elèctric de 8,5m i una intensitat de 3,78A tindrà una caiguda de tensió màxima de 0,24%.

Per a la ventilació, amb una longitud des dels bornes del quadre elèctric de 6,5m en el cas més desfavorable, i una intensitat de 6,44A tindrà una caiguda de tensió màxima de 0,29%.

Per els endolls, amb una longitud des dels bornes del quadre elèctric de 7,3m en el cas més desfavorable, i una intensitat de 15,98A en el cas més desfavorable, tindrà una caiguda de tensió màxima de 0,43%.

Per a el ternal elèctric, amb una longitud des dels bornes del quadre elèctric de 7,5m i una intensitat de 2,75A tindrà una caiguda de tensió màxima de 0,075%.

Per l'enllumenat, amb una longitud des dels bornes del quadre elèctric de 7,8m en el cas més desfavorable i una intensitat de 1,95A tindrà una caiguda de tensió màxima de 0,15%.

Per l'analitzador de gasos, amb una longitud des dels bornes del quadre elèctric de 7m i una intensitat de 3,84A tindrà una caiguda de tensió màxima de 0,27%.

La maniobra es considera una caiguda de tensió inferior al 0,05%.

La caiguda de tensió de l'escomesa de companyia és del 2%.

La caiguda de tensió en el cas més desfavorable serà de 2,43%, inferior al 3% en enllumenat i el 5% en la resta de casos segons el reglament electrotècnic de baixa tensió.

#### 3.4.5. Valor de la resistència a terra

La instal·lació es troba en un emplaçament considerat zona humida, la tensió màxima de la massa respecte al terra no podrà ser superior a 24V.

Sent la màxima sensibilitat de les proteccions diferencials de 0,3A, el valor de la presa de terra, calculat segons MI BT 021/2.8, no té que ser superior a

$$R_t = \left( \frac{24}{0,3} \right) = 80\Omega \quad (\text{Eq.31})$$

El terra de la instal·lació existent és de 19,85  $\Omega$

#### 3.4.6. Compensació del factor de potencia

Per tal de reduir l'energia reactiva de l'instal·lació, s'instal·len condensadors per compensar-la. En aquesta instal·lació no serà pràcticament necessari, ja que els motors que hi ha a l'EBAR, disposen de variador de freqüència, provocant que el  $\cos\phi$  aproximadament de 0,85 de cada motor, el convertim aproximadament a 0,98.

Tot hi així, la comporta automàtica i la ventilació no disposen de variador de freqüència, el càlcul dels condensadors serà destinat a aquests elements. El ternal no es té en compte ja que el seu funcionament es esporàdic i manual.

Els condensadors estaran connectats de continu amb les seves proteccions a l'entrada del quadre elèctric sempre i quant l'EBAR estigui en funcionament per subministrament de companyia. A l'entrar en marxa el grup electrogen els condensadors es desconnectaran ja que no serà necessari compensar la energia reactiva en el grup electrogen.

Calculem la potencia reactiva capacitiva necessaria:

$$Q_c = P \cdot (\tan(\cos^{-1}(\cos\phi_i)) - \tan(\cos^{-1}(\cos\phi_f))) \quad (\text{Eq.32})$$

$$Q_c = 4\text{kW} \cdot (0,6197 - 0,2030) = 1,66\text{kVAr} \quad (\text{Eq.33})$$

On

P= Potencia activa

$\cos\phi_i$ =  $\cos\phi$  inicial

$\cos\phi_f$ =  $\cos\phi$  desitjat

Practicament no seria necessari, però tot i així es compensarà amb un condensador de la marca Circutor i model CV-40/2,5.

Marca	Circutor
Model	CV-40/2,5
Referencia	R2011E
Tipus	CV
Tensió (V)	400
kVAr 60Hz	3
kVAr 50Hz	2,5

Taula 19: Característiques condensador Circutor CV-40/2,5.



Figura 75: Circutor CV-40/2,5.

#### 3.4.7. Maniobra

La maniobra es realitzarà amb cable de coure unifilar de 1,5mm<sup>2</sup> amb el color corresponent depenent de si és amb corrent continua o corrent alterna.

Es disposarà de selectors per posar en manual, aturat o automàtic els equips de la instal·lació.

El control i alternança de les bombes i la posada en marxa dels equips es controlarà a través del PLC. Les bombes si disposaran d'una maniobra externa al PLC en cas de que el PLC deixés de funcionar. Les activacions dels equips en manual actuaran directament sobre els relés i no el PLC.

Les entrades del PLC no seran directes sinó que estaran activades per relés en la maniobra elèctrica.

Es disposarà d'aturades d'emergència individuals per els diferents equips com d'una aturada d'emergència general.

L'esquema del quadre elèctric es troba en els plànols.

### 3.5. Grup electrogen

L'EBAR ha de estar disponible per funcionar sempre. En cas d'un tall del subministrament elèctric de companyia, es disposarà d'un grup electrogen per tal de poder seguir impulsant fins a la recuperació del subministrament elèctric.

Per tant tindrem en compte els consums dels equips per dimensionar el grup electrogen.

Les bombes i la reixa disposen de variadors de freqüència aproximant el  $\cos\phi$  a 1, tot i així calcularem els kVA com si es tingués un  $\cos\phi$  a 0,85 de mitja, així tenim un marge d'error i d'ampliació, s'està sobre dimensionant el grup electrogen.

Segons la taula 8, la potència activa amb el coeficient de simultaneïtat és de 110,35kW.

La potència aparent seria:

$$S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{110,25\text{kW}}{0,85} = 129,70\text{kVA} \quad (\text{Eq.34})$$

On

P=Potència activa simultània.

Segons el resultat obtingut, amb una potència activa de 110,25kW i una potència aparent de 129,70kVA, s'ha escollit el model adient de grup electrogen de la gama de grups electrògens del fabricant Electramolins. S'ha escollit aquest fabricant per motius relació qualitat/preu.

El model seleccionat de grup electrogen és el model EMJ-170, en la versió insonoritzada ja que ens trobem dins el nucli urbà i es pretén complir la normativa local de contaminació acústica.

Marca	ELECTRAMOLINS
Model	EMJ-170
Tipus quadre control	AUT-MP12
Motor diesel	JOHN DEERE 6068HF158
Alternador	LEROY SOMER LSA 442 L12
Potència màxima en servei d'emergència per fallada de xarxa (LTP Limited Time Power de la norma ISO 8528-1)	170kVA 136kW
Potència en servei principal (PRP Prime Power de la norma ISO 8528-1)	155kVA 124kW

Intensitat en servei d'emergència per fallada de xarxa	245A
Tensió trifàsica	400V
Precisió de la tensió en règim permanent.	+0,5%-0,5%
Freqüència	50Hz
Regulador velocitat	Mecànic
Variació de la freqüència en règim permanent.	+4%-1%
Amplada	1200mm
Llargada	3400mm
Alçada	1890mm
Pes (sense combustible)	2410kg
Capacitat diposit	418l
Nivell sonor mig a 10m	65dBA
Potència acústica Lwa	93dBA

Taula 20: Característiques grup electrogen Electramolins EMJ-145 insonoritzat.



Figura 76: Grup electrogen Electramolins EMJ-145 insonoritzat.

Estarà connectat a un petit quadre de commutació per seleccionar el tipus d'alimentació del quadre elèctric, per subministrament de companyia o bé per grup electrogen. La forma de arrancada, serà per falta de subministrament elèctric i la activació de la boia de nivell màxim. D'aquesta forma en cas d'una fallada del

subministrament puntual, no funcionaria el grup gastant combustible fins al moment en que sigui necessari utilitzar les bombes per impulsar. Un cop arrancat el grup ja no s'aturaria fins a la recuperació del subministrament elèctric.

### 3.6. Seguretat

Per tal de garantir la seguretat en el lloc de treball, i al tractar-se d'una instal·lació amb alt risc degut a la acumulació de gasos nocius, com de espais confinats com el pou, s'instal·larà un analitzador de gasos, extintors, enllumenat d'emergència i tapes per l'accés al pou.

#### 3.6.1. Analitzador de gasos

Per tal de garantir la seguretat en la sala del pou i les bombes, on es produeixen gasos tòxics, s'instal·larà un detector de gasos fixa. Els gasos més perillosos en aquestes instal·lacions són el sulfhídric  $H_2S$ , la falta d'oxigen  $O_2$ ,  $CO_2$  i el metà  $CH_4$ .

Dins el pou podem trobar més o menys quantitat d'aquests gasos, per això s'haurà de dur un analitzador de gasos portàtil per les tasques puntuals de manteniment dins el pou.

En la sala de les bombes el gas que és pot trobar en més quantitat serà el sulfhídric, per això s'instal·larà un detector de sulfhídric.

Segons la normativa OSHA (Occupational Safety and Health Administration), el límit màxim acceptable en l'aire de l'ambient ocupacional serà de 20ppm, mentre que segons la normativa NIOSH (National Institute of Occupational Safety & Health) el límit màxim d'exposició serà de 10ppm per no més de 10 minuts.

La regulació del sensor estarà en 10ppm, a partir d'aquest nivell s'activarà una sirena acústica.

El sensor utilitzat serà el model Xgard per  $H_2S$  del fabricant Crowcon. Estarà instal·lat a la paret de la sala de bombes situat al costat de la reixa automàtica i del col·lector d'entrada, que és on hi ha més agitació de l'aigua.



Figura 77: Sensor Crowcon Xgard  $H_2S$



Aquest sensor anirà connectat a una central, que processarà el senyal 4-20mA del sensor i activarà l'alarma. La central disposa d'un avisador acústic en cas de superar els 10ppm de sulfhídric. La central serà el model Gasflag del mateix fabricant que el sensor Crowcon. També disposa de sortides de relé per activar una sirena lluminosa externa.



Figura 78: Central Crowcon Gasflag

### 3.6.2. Extintors

S'instal·laran extintors segons el Real Decret 1942/93, reglament d'instal·lacions de protecció contra incendis. S'instal·larà un extintor pròxim a la sortida de la sala del quadre elèctric i el grup electrogen, i un altre pròxim a la sortida de la sala de les bombes. Ambdós estaran instal·lats a una alçada inferior a 1,70m de la part més alta de l'extintor i senyalitzats amb els cartells corresponents.

Els extintors seran de CO<sub>2</sub> ja que es tracta d'unes instal·lacions elèctriques, i el pes serà de 4kg cadascun d'ells.

### 3.6.3. Enllumenat d'emergència

Segons la normativa de la instrucció ICT-BT-28, en cas de fallada de l'alimentació de l'enllumenat, al tractar-se d'un local de treball i degut als perills d'estar a una zona que està en contacte en un espai confinat com és el pou, s'instal·laran enllumenats d'emergència a la sala de les bombes i a la sala del quadre elèctric.

Les llums d'emergència seran IP 42 per la sala del quadre elèctric i IP 64 per la sala de les bombes.

En cas de fallada del subministrament de l'enllumenat actuaran en 0,5s com a màxim, i també s'activaran en cas de baixar la tensió de l'alimentació per sota del 70% de la tensió nominal.

Aquestes llums permetran la evacuació del lloc de treball amb seguretat.

#### 3.6.4. Tapes

Per tal de tapar els accessos al pou des de la sala de les bombes, s'instal·laran tapes. S'utilitzaran Tràmex de reixeta tapats de resina de polièster i fibra de vidre amb pols de marbre antilliscant. L'avantatge d'aquestes tapes és que són resistents, no pateixen corrosió i són lleugeres. En comparació a les metàl·liques que són pesants i pateixen corrosió.



Figura 79: Tràmex reixeta tapada

#### 4. Comunicacions i control remot

L'EBAR disposarà d'un sistema de comunicació per poder-lo controlar remotament. Aquest sistema permetrà saber en tot moment des d'un SCADA l'estat de l'EBAR en temps real, com també actuar sobre ell.

##### 4.1. Comunicació GPRS

L'EBAR no disposa d'una xarxa física telefònica per transmetre les dades, per tant s'haurà de comunicar per radiofreqüència o per repetidors de telefonia mòbil. Per la situació de l'EBAR no serà possible instal·lar un sistema de comunicació per radiofreqüència.

Per els repetidors de telefonia mòbil tenim principalment tres sistemes per comunicar-lo, per GSM, GPRS i 3G.

Segons la relació de prestacions, preu i necessitats, el més adient serà el sistema de comunicacions per GPRS, ja que ens permet un tràfic de dades IP, cosa que em GSM no ens ho permet, i si volem tenir l'estat de l'EBAR en temps real serà necessari.

Tampoc serà necessari un sistema de comunicació per 3G, ja que les velocitats necessaris i el tràfic de dades que hi haurà serà inferior a la velocitat que ens dona el GPRS que va de 60-70kbit/s de baixada a 20-40kbit/s de pujada, i el mòdem anirà a 9600bps, és a dir 9,6kbit/s.

Per poder-ho comunicar es connectarà el PLC per port sèrie a un mòdem GPRS. Aquest mòdem serà un GDW-11 del fabricant WESTERMO.



Figura 80: Mòdem WESTERMO GDW-11.

Es tracta d'un mòdem industrial molt robust i amb perfecte compatibilitat amb el PLC ja que disposa d'un port sèrie que anirà connectat al port sèrie de la CPU del PLC.

Per tal de poder comunicar amb el PLC s'utilitzarà un SCADA. Aquest SCADA serà desenvolupat sobre Intouch 10.0 de Wonderware.

Per poder comunicar el SCADA amb el PLC, es necessitarà un programa amb protocol de comunicació sèrie, que serà el OMRONHL i un convertidor de port sèrie a IP que serà el Virtual Serial Ports Emulator de Eterlogic.

Amb aquests dos programes podrem llegir del PLC com si estigués connectat físicament del SCADA quan en realitat pot estar a kilòmetres de distància.

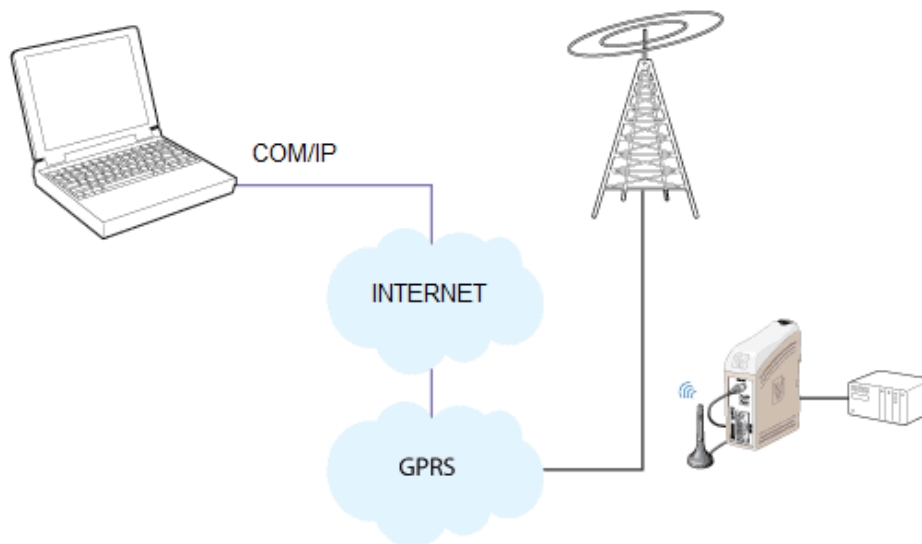


Figura 81: Sistema de comunicació PLC-SCADA per l'instal·lació.

Per poder realitzar aquest sistema de comunicació, serà necessari contractar una tarja de telefonia mòbil SIM, amb una tarifa de dades GPRS de 1Gb mensuals i IP fixa.

Serà necessari la IP fixa ja que necessitem saber en tot moment la direcció del mòdem de l'EBAR ja que el PLC no enviarà informació directa l'SCADA, sinó que l'SCADA realitzarà les consultes dels canals que vol llegir i el mòdem contestarà les sol·licituds que rebí.

#### 4.1.1. Configuració PLC

En el PLC simplement configurem el port sèrie de la CPU per una comunicació Host Link a 9600bps de velocitat, 8bits de dades, 1 bit de stop i sense paritat. Aquesta configuració ve recomanada per el fabricant OMRON per adaptar el mòdem GDW-11 de WESTERMO.

No s'ha de realitzar cap altre configuració al PLC, ja que per ell, l'ordinador amb l'SCADA estarà connectat per port sèrie directament al PLC, no detectarà el pont entremig per GPRS.

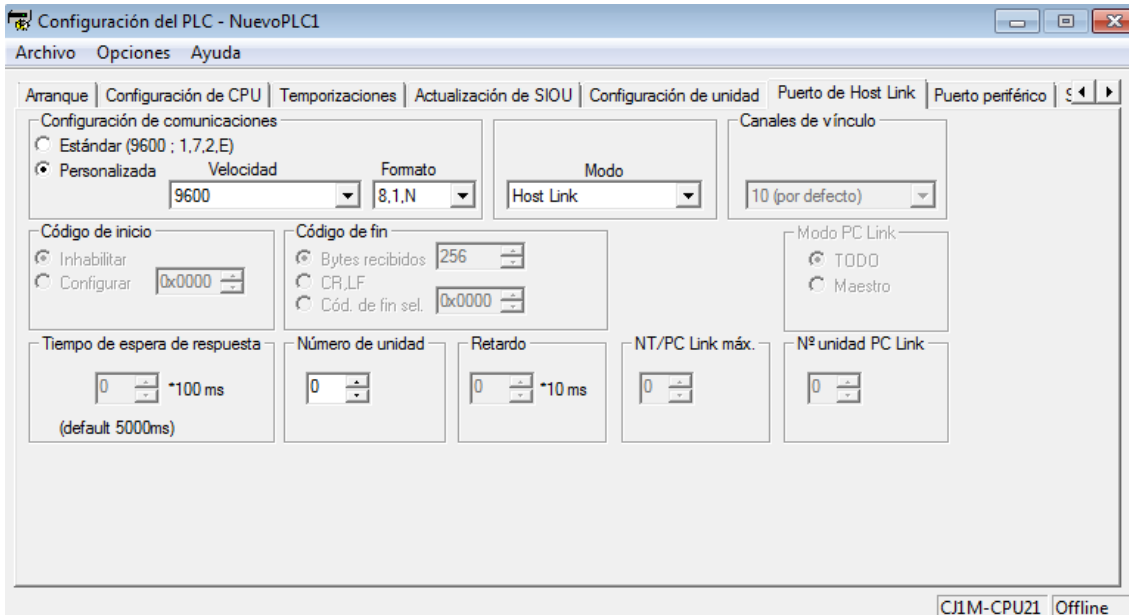


Figura 82: Configuració PLC per establir comunicació amb el mòdem i l'SCADA.

#### 4.1.2. Configuració Mòdem

Per a la configuració del mòdem, s'utilitzarà el software de WESTERMO GD-Tool. Aquest programa permetrà configurar el mòdem d'una forma senzilla a través del port sèrie.

També es podria realitzar la configuració a través del PLC enviant trames AT per el port sèrie directament al PLC, però és més senzill per realitzar modificacions, o proves a través del mòdem directament i connectat des de l'ordinador.

Per defecte el mòdem ve amb una configuració de comunicació RS-232 de 115200bauds, sense paritat, 8 bits de dades i 1 bit de stop. Es modificarà la velocitat de 115200bauds per la de 9600bauds, que és la configurada en el PLC.

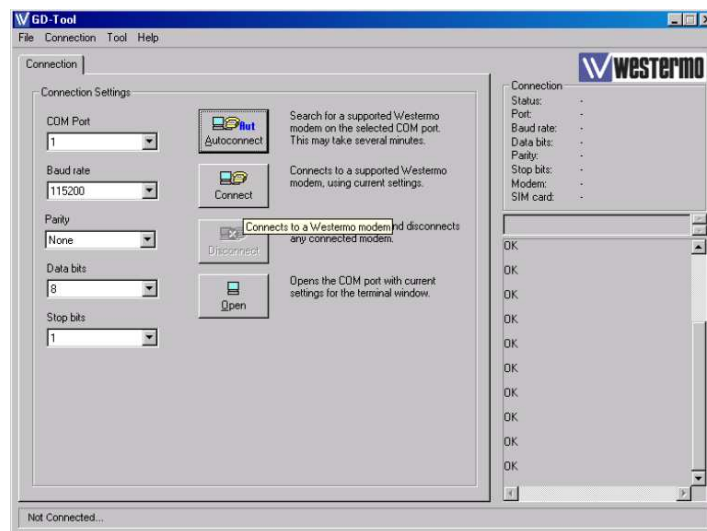


Figura 83: GD-Tool pantalla inici configuració.

En la primera pantalla "Basic" de configuració s'establirà un autologin del PIN de la tarja telefònica, perquè automàticament s'introdueixi el codi PIN.

En la següent pantalla "Serial" es modificarà la configuració de comunicació perquè sigui com la del PLC, 9600 bauds, 8 bits de dades, 1 de stop i sense paritat.

En la pantalla "GPRS" s'haurà de configurar la xarxa GPRS. Cada companyia telefònica disposa del seu APN (Acces Point Name), amb nom d'usuari i contrasenya. Aquestes dades seran subministrades per la companyia on es realitzi el contracte de la tarja.

S'haurà d'activar la auto connexió, perquè el mòdem automàticament sense rebre cap comanda AT, es doni d'alta a la xarxa GPRS. També s'introduirà la IP estàtica que s'ha contractat.

El port de comunicació utilitzarem el 6400.

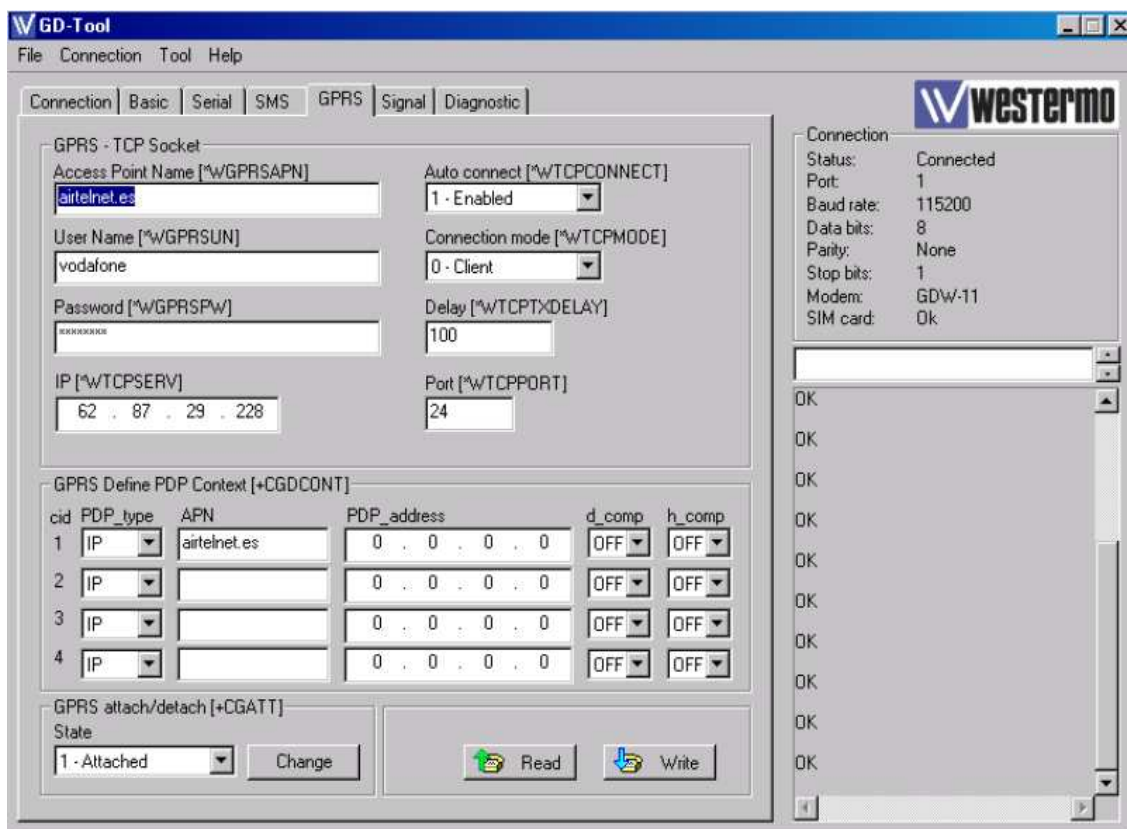


Figura 84: GD-Tool pantalla configuració GPRS.

També es pot comprovar els senyals dels diferents repetidors que detecta l'antena del mòdem. En cas d'un baix senyal es pot ampliar a una gama ampla d'antenes més grans.

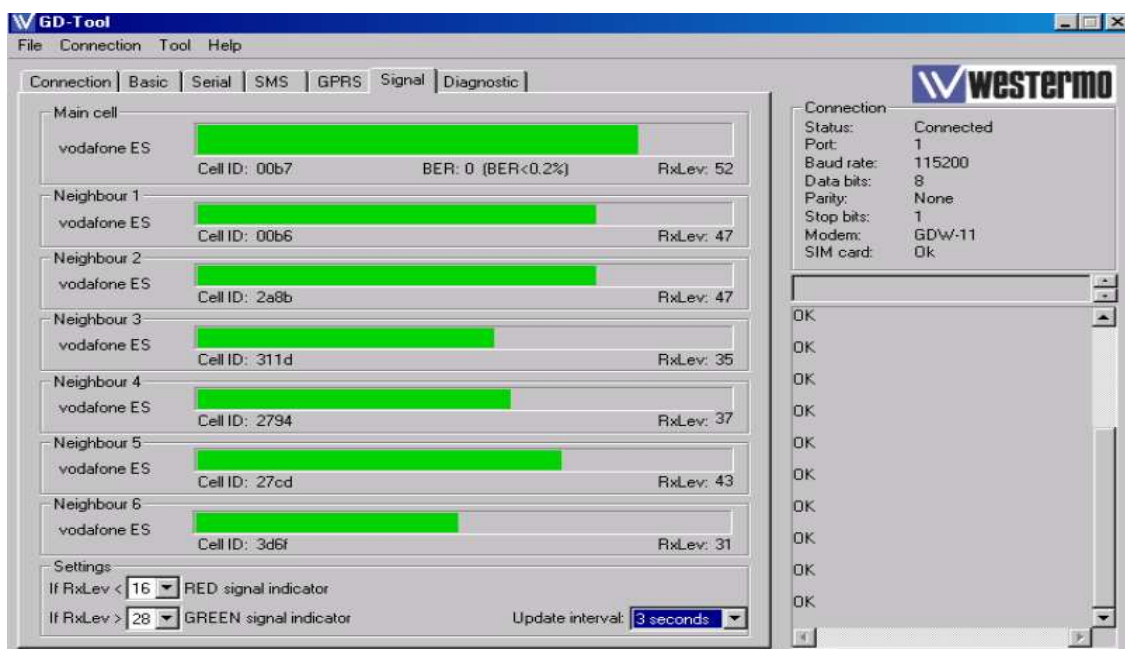


Figura 85: GD-Tool cobertura senyals.

#### 4.1.3. Configuració PC

Primer de tot en l'ordinador crearem un port sèrie virtual amb el mateix programa Virtual Serial Ports Emulator de Eterlogic. A través d'aquest port ens hi connectarem des del SCADA com si estigués connectat a un port sèrie físic, i aquest port com si estigués directament connectat al PLC.

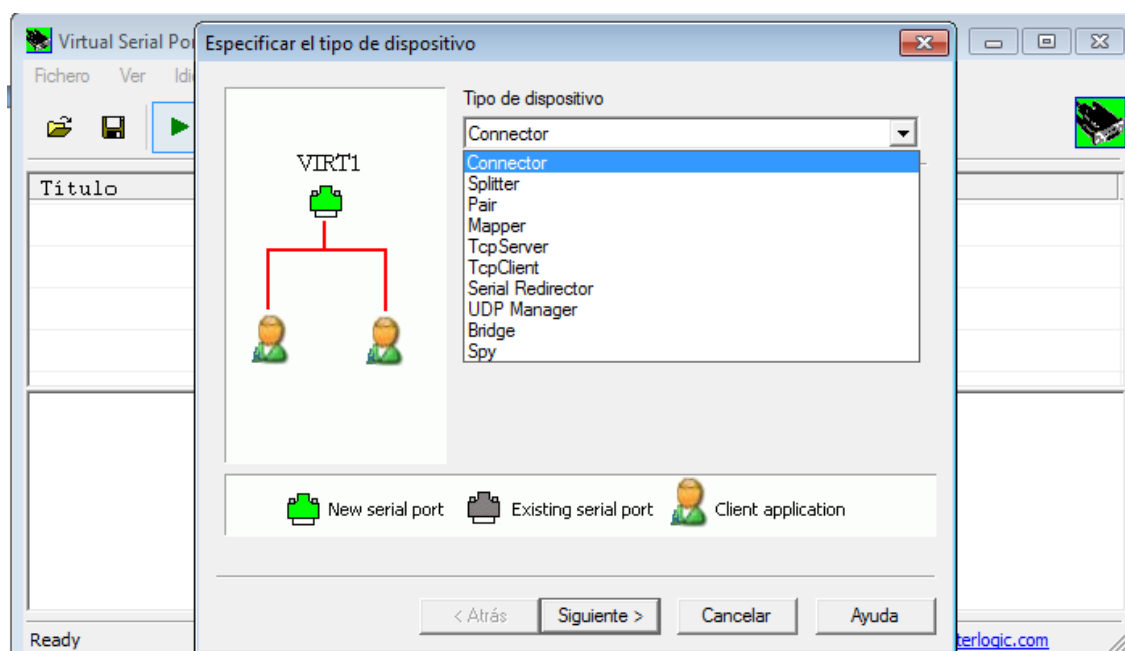


Figura 86: Creació de port sèrie virtual amb Virtual Serial Port Emulator.

Un cop creat aquest port virtual, realitzarem un pont de comunicacions TCP/IP amb aquest port virtual. Això servirà de pont per tenir dos ports sèrie connectats virtualment a través d'una xarxa TCP/IP amb un mòdem GPRS i un ADSL convencional.

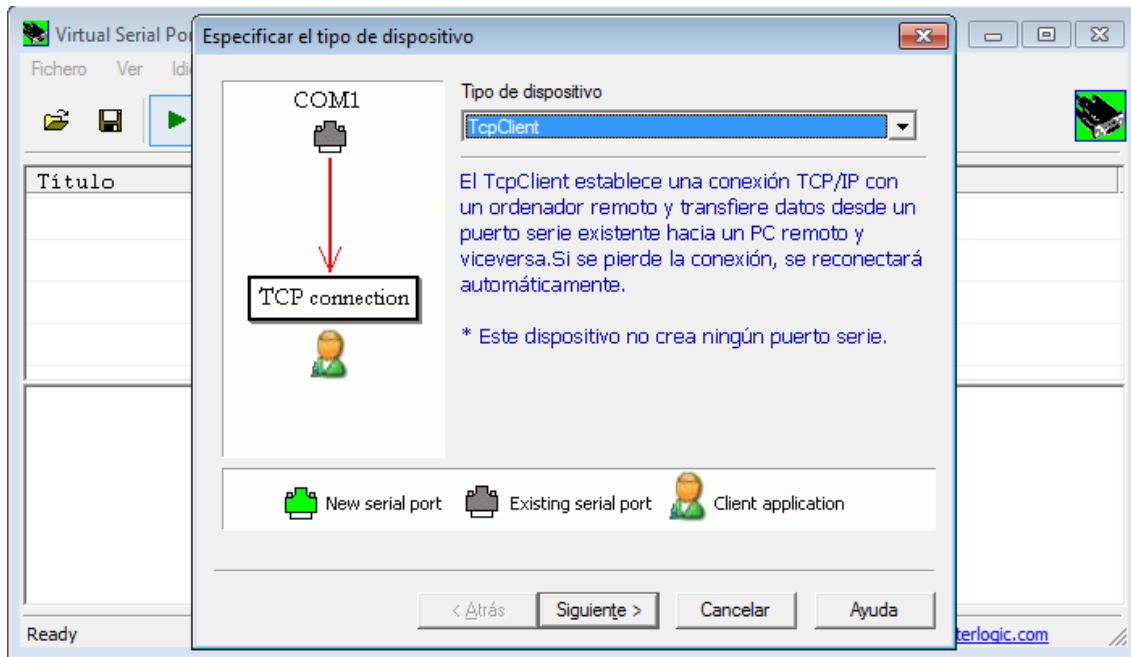


Figura 87: Creació de connexió TCP/IP i port sèrie amb Virtual Serial Port Emulator

En aquesta configuració TCP/IP amb el port sèrie virtual s'haurà de configurar només la IP del Host, que serà la IP estàtica del mòdem del PLC i el port on ens hi connectarem, que serà el que s'ha programat en la configuració del mòdem amb el software GD-Tool. Amb això ja tenim una comunicació remota des d'un port sèrie de l'ordinador directa al PLC. Per comunicar el port sèrie amb l'SCADA s'utilitzarà el programa de comunicacions d'Intouch OMRONHL. Aquest programa permetrà poder llegir els registres del PLC a través d'un port sèrie i convertint-los en tags de l'SCADA Intouch. Es configurarà un Topic Name seleccionant el tipus de PLC que volem connectar i a través de quin port sèrie ens hi connectarem. També s'hi col·locarà el tipus de comunicació que tindrem per aquest port, que com ja s'ha configurat al PLC, Modem i Port Virtual, serà de 9600,8,1,N. En l'SCADA es crearà un Acces Name per cridar els registres interns del PLC, i es relacionarà aquest Acces Name amb el Topic Name creat a OMRONHL.

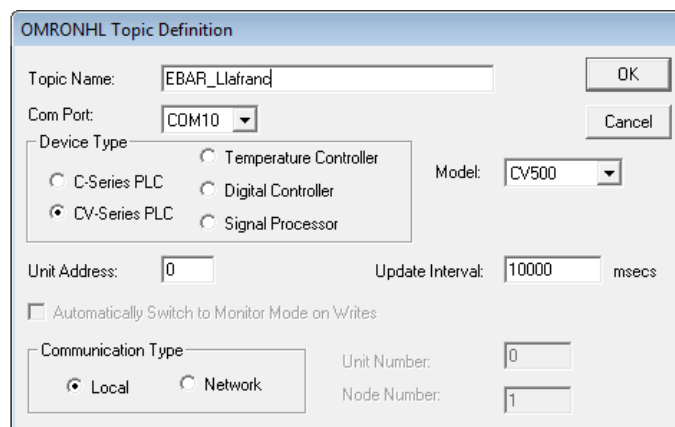


Figura 88: Creació del Topic amb OMRONHL.



El port seleccionat serà el port virtual creat amb el Virtual Serial Port Emulator. El model de PLC, servirà tant el C-Series PLC com el CV-Series PLC. Es seleccionarà el CV-Series ja que ens permet llegir més canals del PLC.

El model CV-Series ens permet llegir:

I/O	000-255
TR	TR0-TR7
G	G000-G255
A	A000-A511
Timer	TIM000-TIM1023
Counter	CNT000-CNT1023
DM Area	DM00000-DM24575
Expansion DM	E00000.b-E32765.b

Taula 21: Canals a llegir des de l'SCADA.

Figura 89: Configuració Access Name des de Intouch 10.0.

Es seleccionarà un nom per l'Access Name i es relacionarà a l'aplicació omronhl i el Topic Name creat. Seleccionem una comunicació DDE i que només llegeixi els tags que es cridin, d'aquesta forma no cridarà sempre tots els tags, ja que no es necessari.

#### 4.2.SCADA

En l'SCADA per simplificar-ho hi haurà una pantalla principal on es podrà veure l'estat dels principals equips de l'EBAR (Quadre elèctric, grup electrogen, ventiladors, motor reixa, comporta i bombes).

Els símbols dels equips estaran en color blau per indicar l'estat de repòs, en color verd per indicar l'estat de marxa i en color vermell per indicar l'estat d'avaría; i les bombes a més tindran el color groc per l'estat de buidar i el color lila per l'estat d'invertir.

Per configurar els tags discrets, és a dir d'estat ON/OFF, a cada objecte s'ha afegit una animació. S'ha configurat que canviï de color segons una condició.

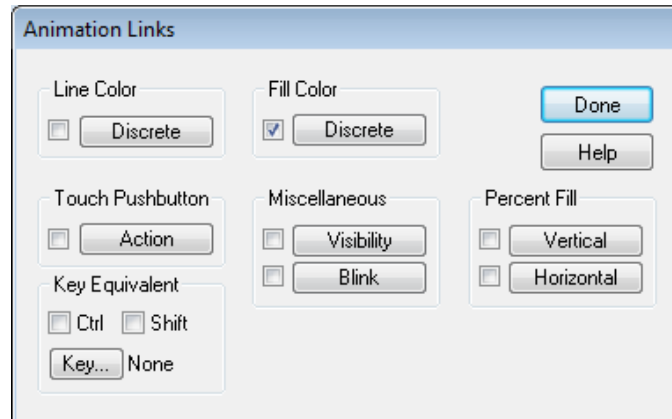


Figura 90: Animació canvi color objecte Intouch 10.

La condició per canviar de color, serà llegir el bit del tag corresponent. Amb Intouch 10 es pot crear un tag associat a un canal del PLC, cada canal del PLC són 16bits, per tant podrem llegir o escriure bit a bit d'un sol tag.

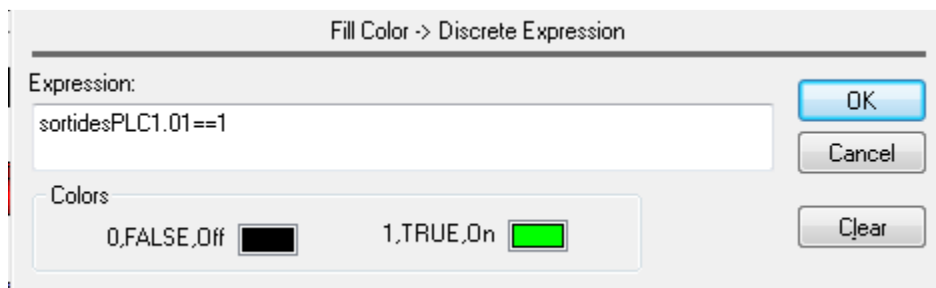


Figura 91: Condició canvi color bomba 1 al posar-se en marxa.

En aquest cas el tag sortidesPLC1 llegeix el canal del PLC CIO100, i en cas de que s'activi el bit 1 d'aquest canal de 16 bits, la bomba canviarà de color.

D'aquesta forma estalviem tags, ja que la relació del preu de l'SCADA ve determinat per el nombre de tags utilitzats.

Per configurar un tag, es seleccionarà que pertany a l'Acces Name "EBAR" creat anteriorment. Se l'hi donarà un nom, i es seleccionarà si és d'escriptura o lectura. Es seleccionarà que és un tag discret, integer, real o message i del tipus I/O (entrades sortides quan llegim del PLC), i a més la direcció del PLC per llegir.

The screenshot shows the 'Tagname Dictionary' dialog box with the following configuration:

- Tab: Details
- Buttons: New, Restore, Delete, Save, Select..., Cancel, Close
- Tagname: sortidesPLC1
- Type: I/O Discrete
- Group: \$System
- Read only (selected), Read Write
- Comment: (empty)
- Log Data, Log Events, Retentive Value (unchecked)
- Initial Value: On (unchecked), Off (selected)
- Input Conversion: Direct (selected), Reverse (unchecked)
- On Msg: (empty), Off Msg: (empty)
- Access Name: EBAR
- Item: IO0100B
- Use Tagname as Item Name (unchecked)

Figura 92: Configuració tagname canal CIO 100 del PLC.

Per els objectes que han de tenir un moviment analògic, com la posició de la comporta o el nivell del pou, s'utilitzarà un Vertical Fill per tal de que l'objecte s'allargui o s'escurci segons el seu valor analògic.

The screenshot shows the 'Vertical Fill -> Analog Value' configuration dialog with the following settings:

- Object type: Rectangle
- Expression: nivellPou
- Value at Max Fill: 375
- Max % Fill: 100
- Value at Min Fill: 0
- Min % Fill: 0
- Direction: Up (selected), Down (unchecked)
- Background Color: Black

Figura 93: Configuració objecte nivell pou.

Amb aquesta configuració, el percentatge de l'objecte augmentarà o es disminuirà del 0 al 100%, depenent del valor del tag tipus integer "nivellPou", el rang del 0 al 100% dependrà de l'escalat del valor del pou de 0 a 375 (0m a 3,75m).

La pantalla principal de l'SCADA serà el següent.

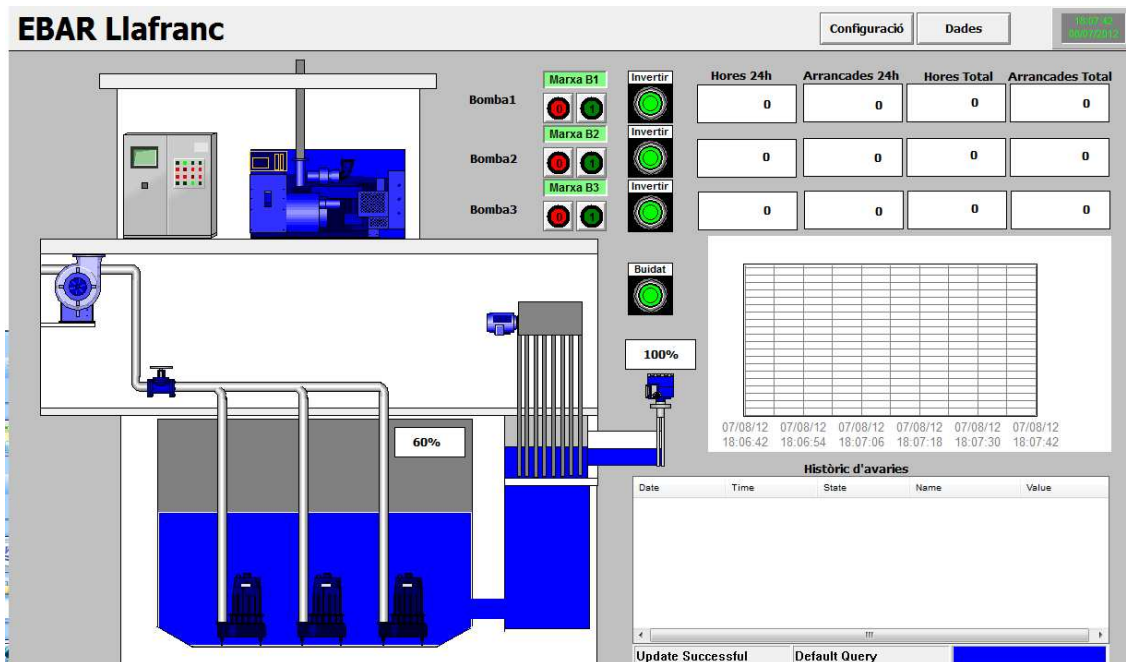


Figura 94: Pantalla principal SCADA.

En la pantalla principal es pot observar un dibuix on es representa l'EBAR, amb el pou de les bombes que augmenta el nivell segons el valor real del nivell del pou, les bombes instal·lades al pou, que en funció de l'estat de la bomba canvien de color. També es pot observar l'estat de la comporta junt amb el percentatge d'obertura de la comporta. L'estat del motor de la reixa i dels motors de ventilació, com també l'estat del grup elctrogen i si hi ha una avaria en el quadre elèctric.

A part d'aquests indicadors, també es troba a baix a la dreta un històric d'alarmes per poder controlar quan s'han activat i quan s'han restaurat.

A sobre de les alarmes es pot observar una gràfica històrica del nivell del pou per poder comprovar l'evolució del nivell i l'eficàcia dels buidats de les bombes.

La part superior de la dreta, hi ha el control de les bombes, per poder-les activar remotament o aturar, com també invertir una bomba manualment en cas d'avaría o iniciar un cicle de buidat del pou. Com a dades d'interès, es pot observar el nombre d'hores de funcionament de les bombes i arrancades, de les últimes 24h i els totalitzadors.

Des d'aquesta pantalla es pot accedir a la pantalla de configuració i a la pantalla de dades. En la pantalla de dades es pot veure les hores de funcionament i activacions dels diferents equips, com les freqüències dels motors, intensitats dels motors, etc.

En la pantalla de configuració, es podran configurar els paràmetres bàsics del programa del PLC tal i com es podia realitzar des de la pantalla tàctil del quadre elèctric.

Freqüència màx	<input type="text" value="0"/>	Buidat cada (dia)	<input type="text" value="0"/>
Freqüència min	<input type="text" value="0"/>	Buidat a les (h)	<input type="text" value="0"/>
Tmp altern (min)	<input type="text" value="0"/>	Tmp altern (min)	<input type="text" value="0"/>
Nivell pou	<input type="text" value="0"/>	Tmp buidant	<input type="text" value="0"/>
Nivell apurat	<input type="text" value="0"/>	Cicles buidat	<input type="text" value="0"/>
N1 ON	<input type="text" value="0"/>		
N1 OFF	<input type="text" value="0"/>	Tmp pausa INV	<input type="text" value="0"/>
N2 ON	<input type="text" value="0"/>	Tmp marxa INV	<input type="text" value="0"/>
N2 OFF	<input type="text" value="0"/>	Cicles INV	<input type="text" value="0"/>
Telf 1	<input type="text"/>		
Telf 2	<input type="text"/>		
Telf 3	<input type="text"/>		
Telf 4	<input type="text"/>		
<input type="button" value="Tancar"/>			

Figura 95: Popup de configuració de l'SCADA.

En aquesta pantalla a més es podrà configurar els números de telèfon que rebran els missatges SMS per avaria d'alguns dels equips o sobre nivell.

Aquest serà l'SCADA de l'EBAR, en cas de que es desitgi es podrà acoblar com una finestra més d'un altre SCADA Intouch per si es volen integrar un conjunt d'EBARs o adjuntar a un SCADA d'una depuradora.

#### 4.3. Enviament SMS

Per tal de poder avisar immediatament en cas d'avaría al personal tècnic o mecànic de reparació, l'SCADA haurà d'enviar un SMS a la persona corresponent per informar-la. S'ha escollit el SMS com a servei més ràpid i fiable, ja que el correu electrònic depèn de que es tingui una cobertura de senyal mòbil més gran, i d'un smartphone per poder-lo rebre instantàneament.

Per poder realitzar aquest enviament de SMS, es poden escollir dos sistemes, un a través d'un mòdem connectat a l'ordinador per port sèrie amb un software independent de l'SCADA per tal de processar els missatges SMS, amb un cost aproximat de SMS de 0,15€/missatge; o bé, contractar un servei de missatgeria a través d'Internet, sense

necessitat de software ni de hardware a l'ordinador, amb un cost de SMS inferior als 0,08€/missatge.

S'ha elegit l'enviament a través del servei d'Internet amb un cost de missatge inferior a 0,08€/missatge. En cas de que aquest SCADA es vulgui acoblar a un SCADA amb més EBARs o a una EDAR, es pot utilitzar el mateix servei amb el mateix preu.

S'utilitzarà el servei que ofereix SMSPUBLI.COM per enviar els SMS.

Aquest servei, ens permet enviar un SMS a través d'una trama http des de qualsevol navegador d'Internet. Escrivint una trama al navegador ja s'enviaria el SMS.

```
http://sms1.gateway360.com/api/push/?V=HTTPV3&UN=usuari&PWD=contrasenya&R=2&SA=Remitent&DA=telf1,telf2,...,telf6&M=Missatge&DC=SMS&DR=1
```

On:

Usuari: Nom d'usuari del servei de SMSPUBLI

Contrasenya: Contrasenya d'usuari del servei de SMSPUBLI

Remitent: Nom que sortirà com a remitent del SMS

Telf1-telf6: Números de telèfon a enviar el SMS (separats per coma).

Missatge: Missatge a enviar

En l'SCADA s'ha programat cada una de les alarmes que es vol tenir, amb el missatge que es vol contestar, adjuntant els tags analògics en la trama de missatge per el nivell del pou i així saber el percentatge de l'avaria de nivell elevat.

Quan es detecta un estat alt del bit d'una alarma, s'executa en l'script de l'SCADA la funció StartApp. Aquesta funció executarà la trama a enviar corresponent.

```
StartApp "iexplorer.exe http://sms1.gateway360.com/api/push/?V=HTTPV3&UN=usuari&PWD=contrasenya&R=2&SA=Remitent&DA=telf1,telf2,...,telf6&M=Missatge&DC=SMS&DR=1".
```

## **5. Resum del pressupost**

El cost total del projecte de realització de l'automatització i remodelació de l'EBAR, juntament amb els sistemes de comunicació i SCADA és de cent cinquanta-quatre mil sis-cents quaranta-dos euros amb vuitanta cèntims d'euro , sense IVA.

## 6. Conclusions

Amb aquesta millora en l'EBAR situat a Llafranc, s'aconseguirà assegurar la impulsió de les aigües residuals de Llafranc tenint en compte les necessitats actuals i futures. S'evitarà l'abocament d'aigües residuals a la riera i mar tal i com està passant actualment amb l'EBAR original ja que no es correspon el cabal de disseny inicial amb el cabal actual. També es garanteix la impulsió de la majoria d'aigües pluvials degut a que no està separada la xarxa d'aigües residuals de la xarxa d'aigües pluvials.

A més es garanteix un millor funcionament en els equips degut a la instal·lació d'equips adequats a les tecnologies actuals, poden controlar tot el sistema correctament.

L'automatització de l'EBAR permetrà reduir el temps de manteniment i neteja de les instal·lacions, i reduir el nombre d'averies de les instal·lacions.

A més es reduirà el risc d'abocaments incontrolats per la instal·lació d'un sistema de telecontrol que permetrà assabentar automàticament de qualsevol anomalia a la persona responsable de mantenir i garantir el funcionament de les instal·lacions.

En cas de fallada del subministrament elèctric, es pot garantir durant un cert temps el funcionament de l'EBAR degut a la instal·lació d'un grup electrogen, tenint més marge de maniobra en cas d'una incidència.

Oscar Simó Elias

Enginyer tècnic Industrial esp. en electrònica industrial.

Girona, 28 de juny de 2012.



## **7.Relació de documents**

Aquest projecte està format per 5 documents:

La memòria, els plànols, el plec de condicions, l'estat d'amidaments i el pressupost.

## 8. Bibliografia

Ajuntament de Palafrugell ( <http://www.palafrugell.cat> , 10 de desembre de 2011)

HERNANDEZ A.. Depuración de aguas residuales. Colección seinor nº9. Colegio de ingenieros de caminos, canales y puentes. 1992.

HERANDEZ A., GALÁN P.. Manual de depuración URALITA, sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes. URALITA. 1996.

METCALF L. , EDDY H.. Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal. McGraw-Hill. 1981.

MINISTERIO DE CIENCIA Y INDUSTRIA. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51. Real decreto 842/2002.

## 9. Glossari

3G: És la abreviació de la tercera generació de transmissió de dades i veu a través de telefonia mòbil mitjançant UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

EBAR: Estació de bombament d'aigües residuals.

EDAR: Estació depuradora d'aigües residuals.

GPRS: Servei general de paquets via radio. És una extensió del GSM per la transmissió de dades per paquets.

GRAF CET: Gràfica de control per etapes de transició. És un diagrama funcional normalitzat que permet fer un model del procés a automatitzar.

GSM: És el sistema global per les comunicacions mòbils, prové del francès groupe spécial mobile.

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition. Es un sistema basat en computadores que permeten supervisar i controlar variables d'un procés a distancia.

XLPE: Polietilè reticulat

## A1. Programa PLC

### A1.1. Configuració entrades analògiques.

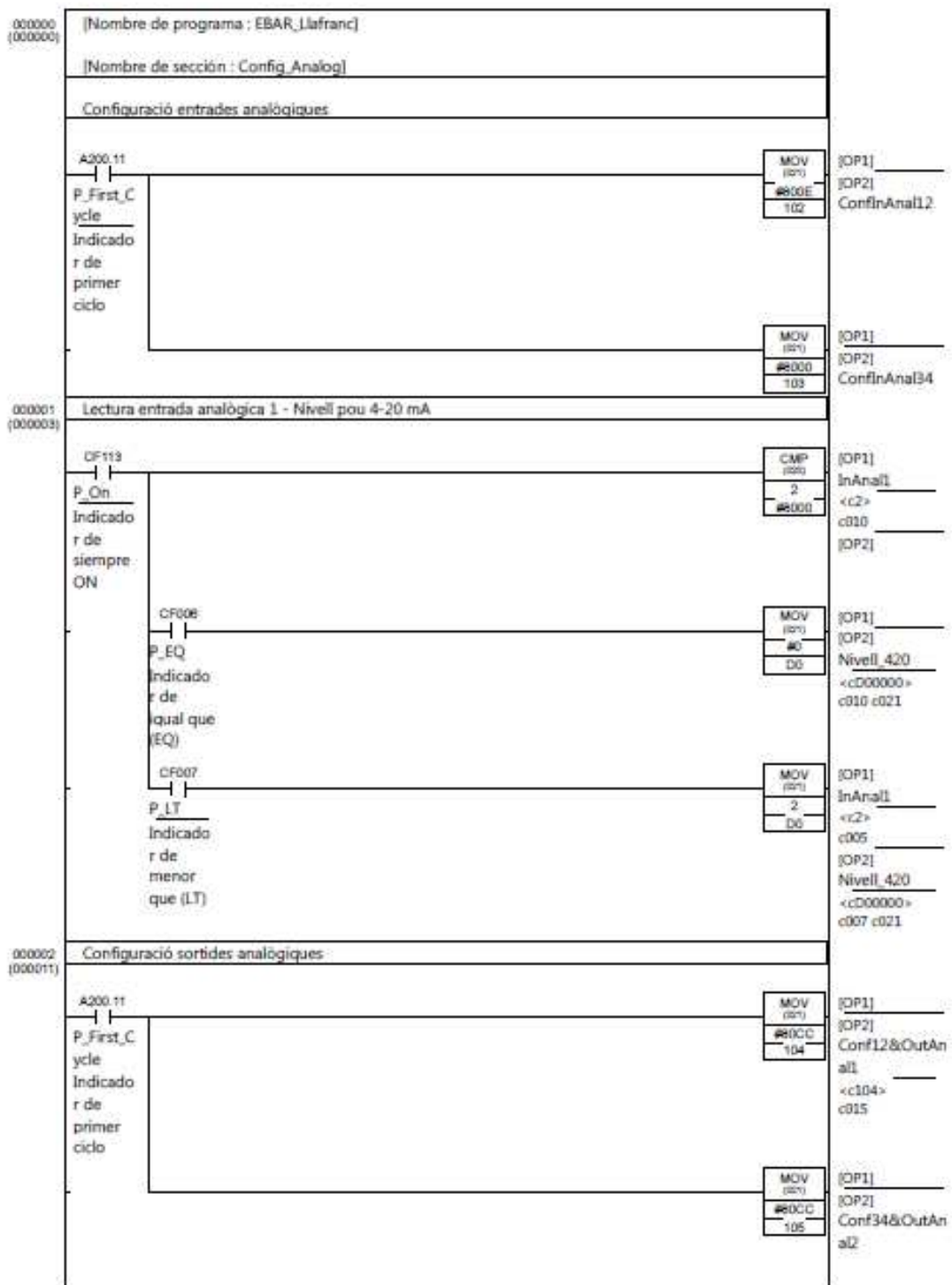


Figura 96: Codi programa PLC

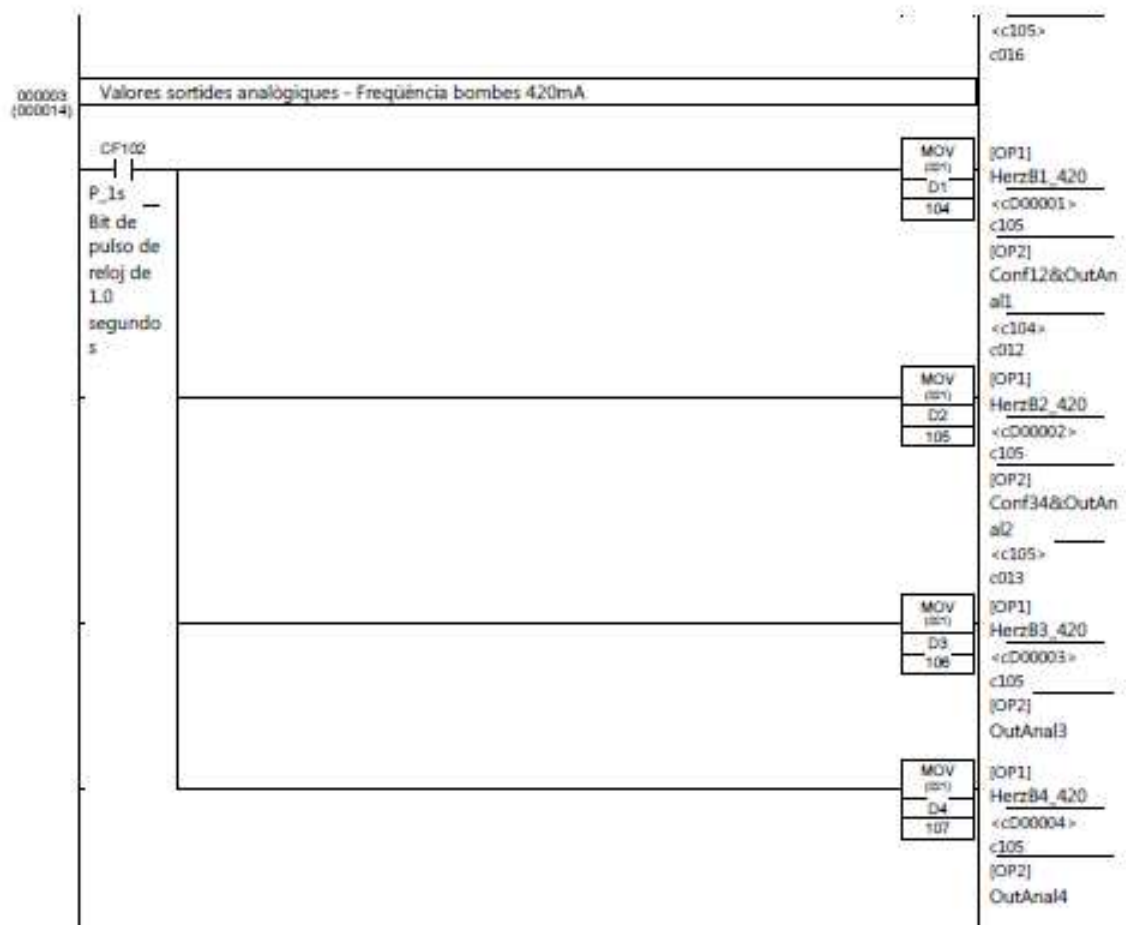


Figura 97: Codi programa PLC

A1.2. Programa bombes

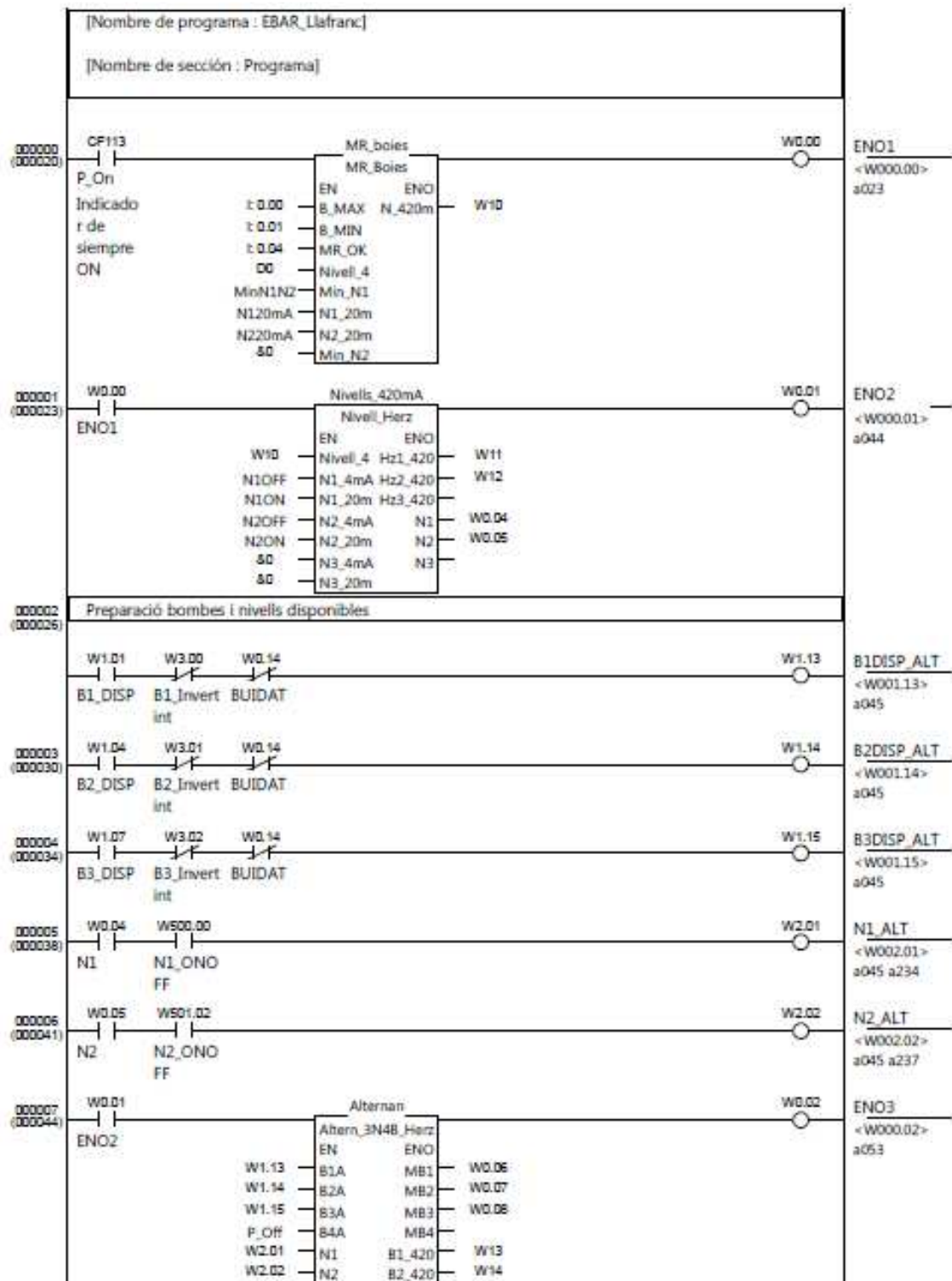


Figura 98: Codi programa PLC

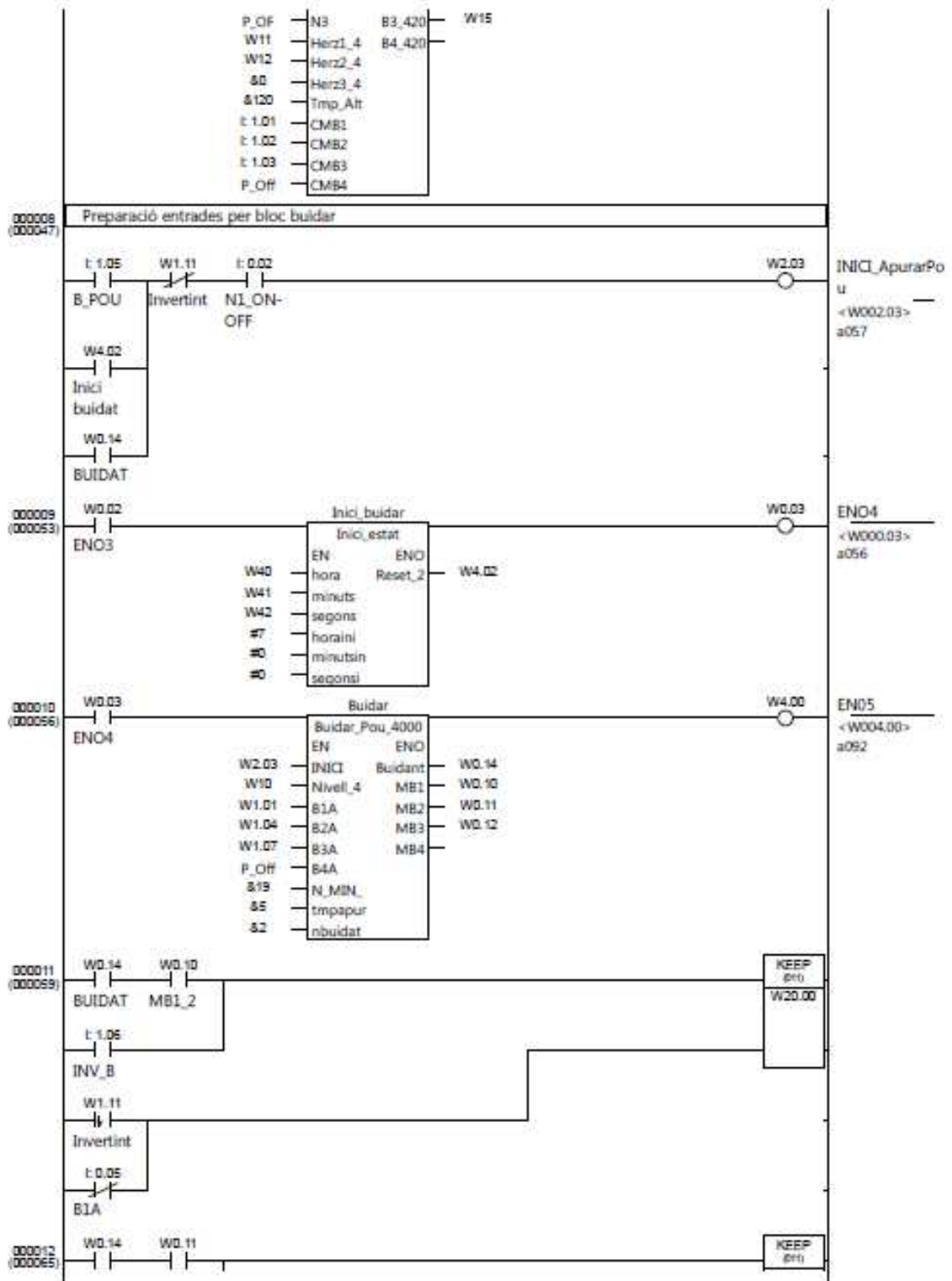


Figura 99: Codi programa PLC

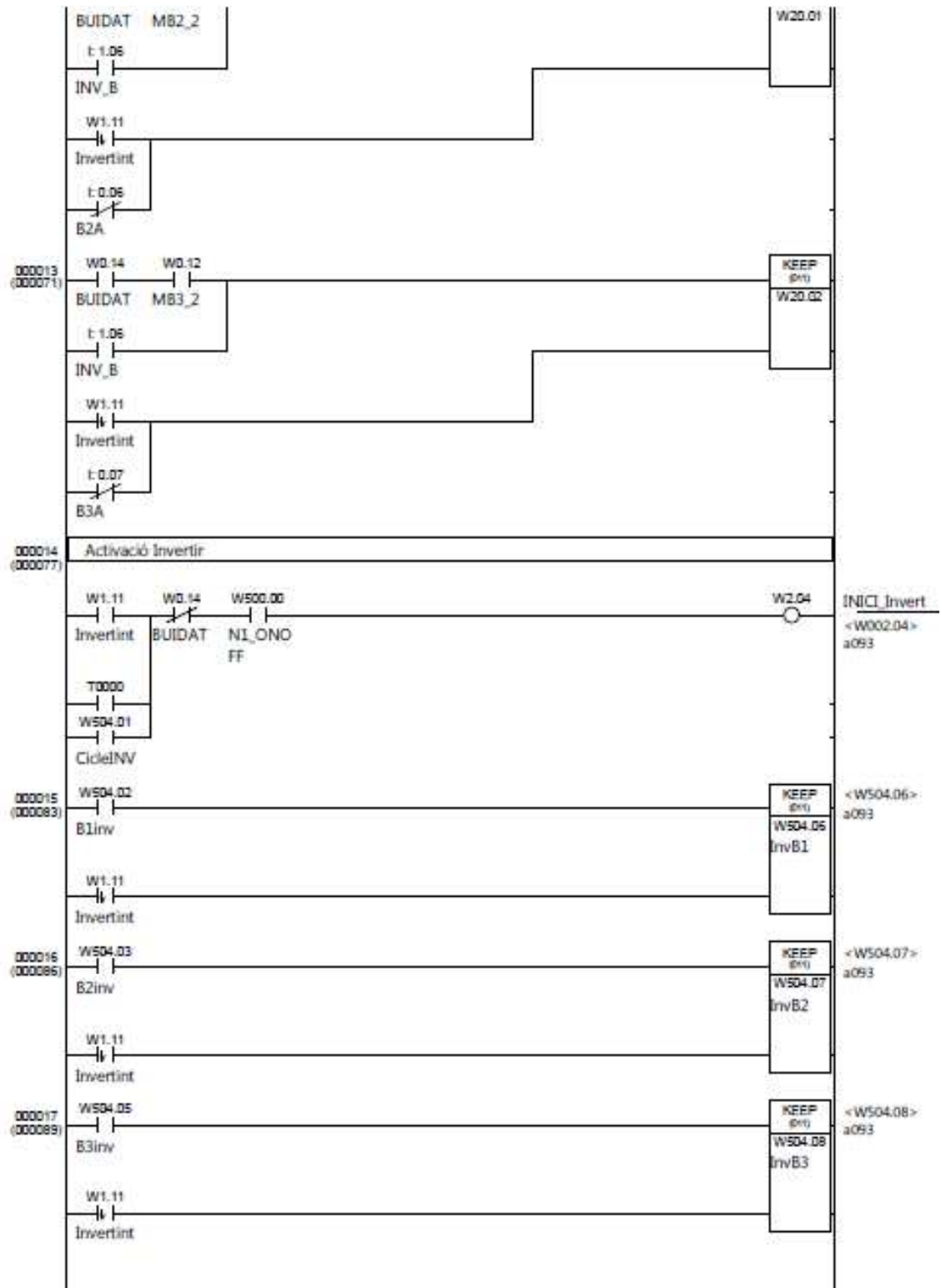


Figura 100: Codi programa PLC



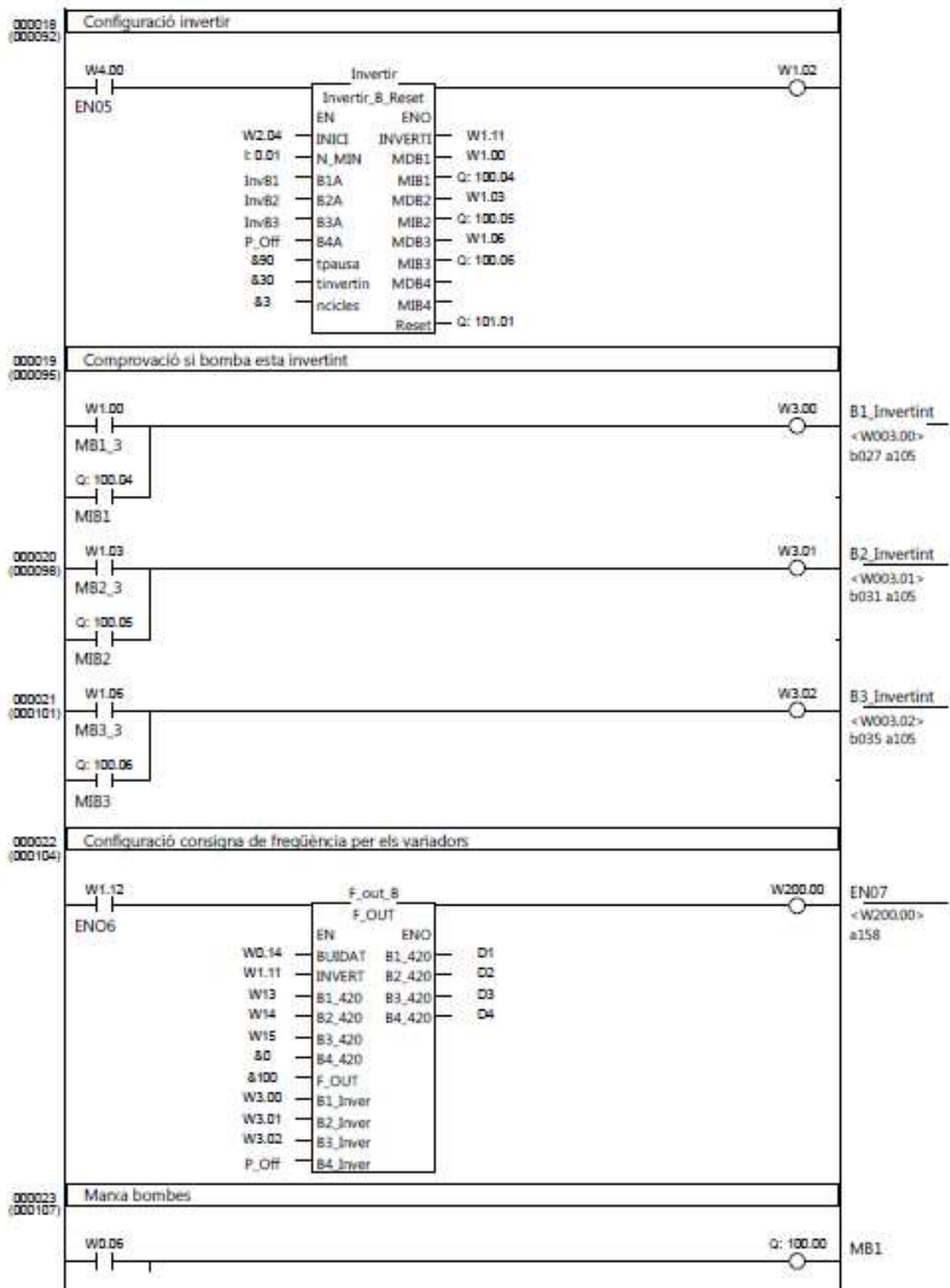


Figura 101: Codi programa PLC

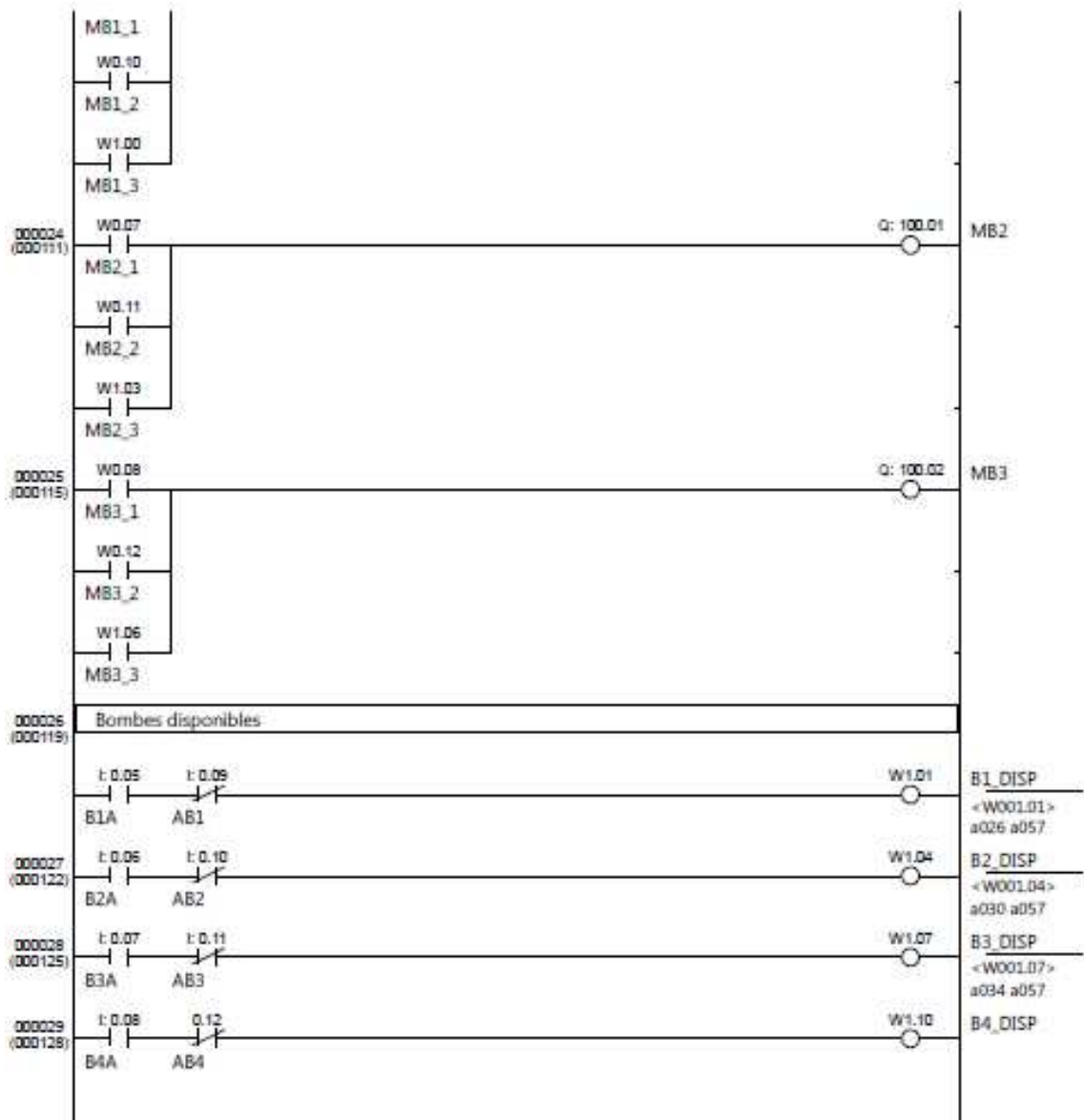


Figura 102: Codi programa PLC

A1.3. Programa reixa automàtic

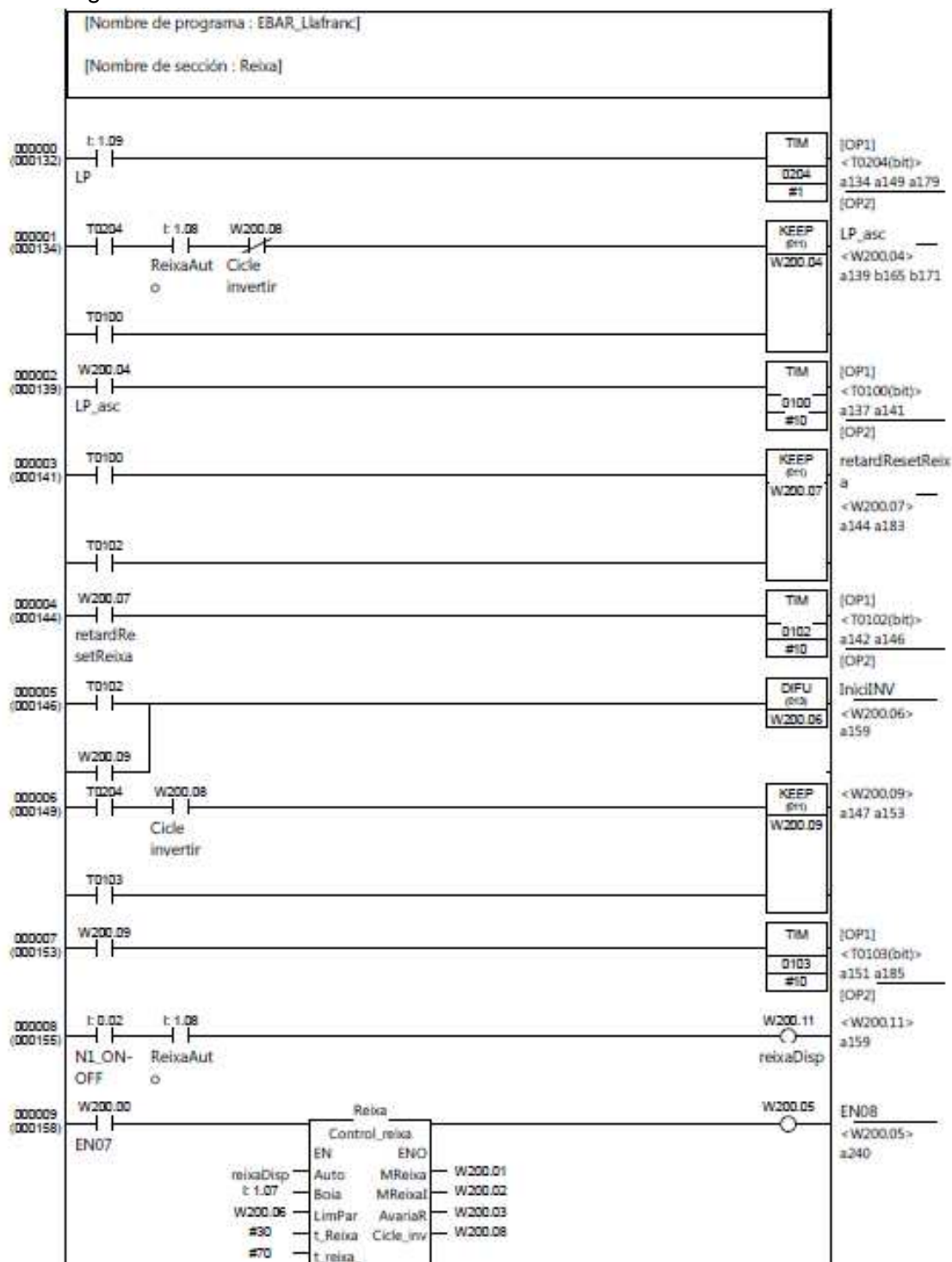


Figura 103: Codi programa PLC

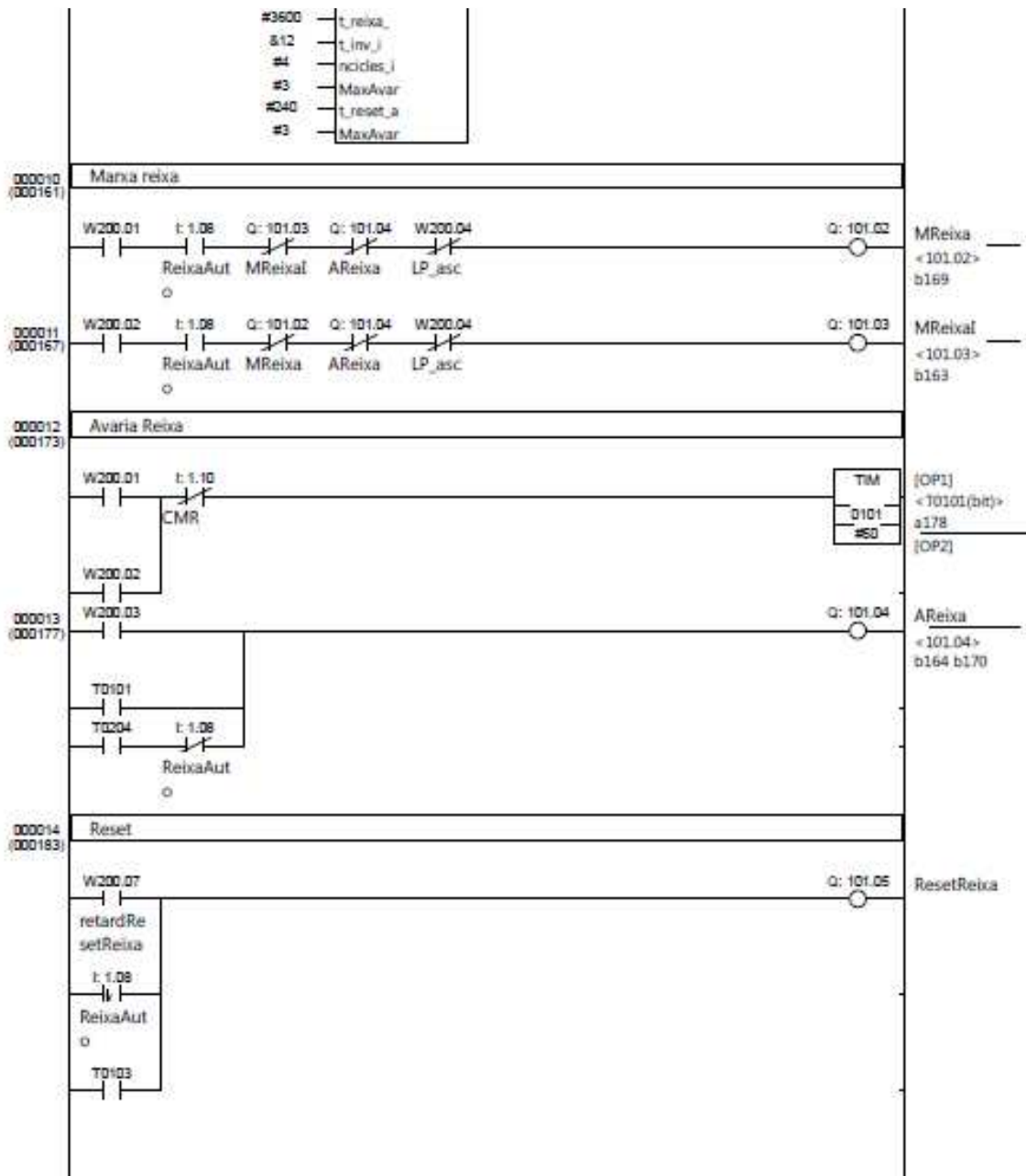


Figura 104: Codi programa PLC

A1.4. Dades

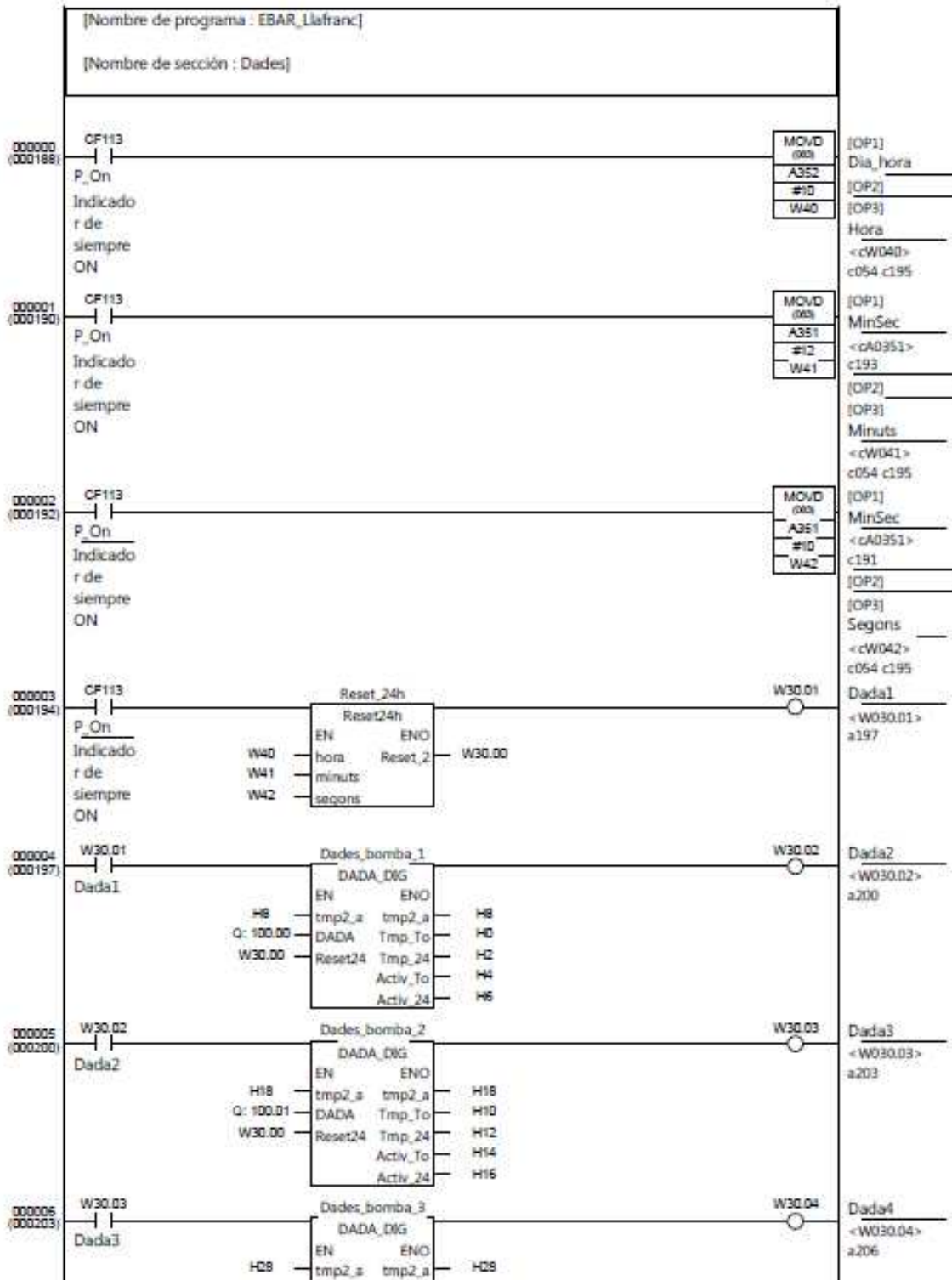


Figura 105: Codi programa PLC

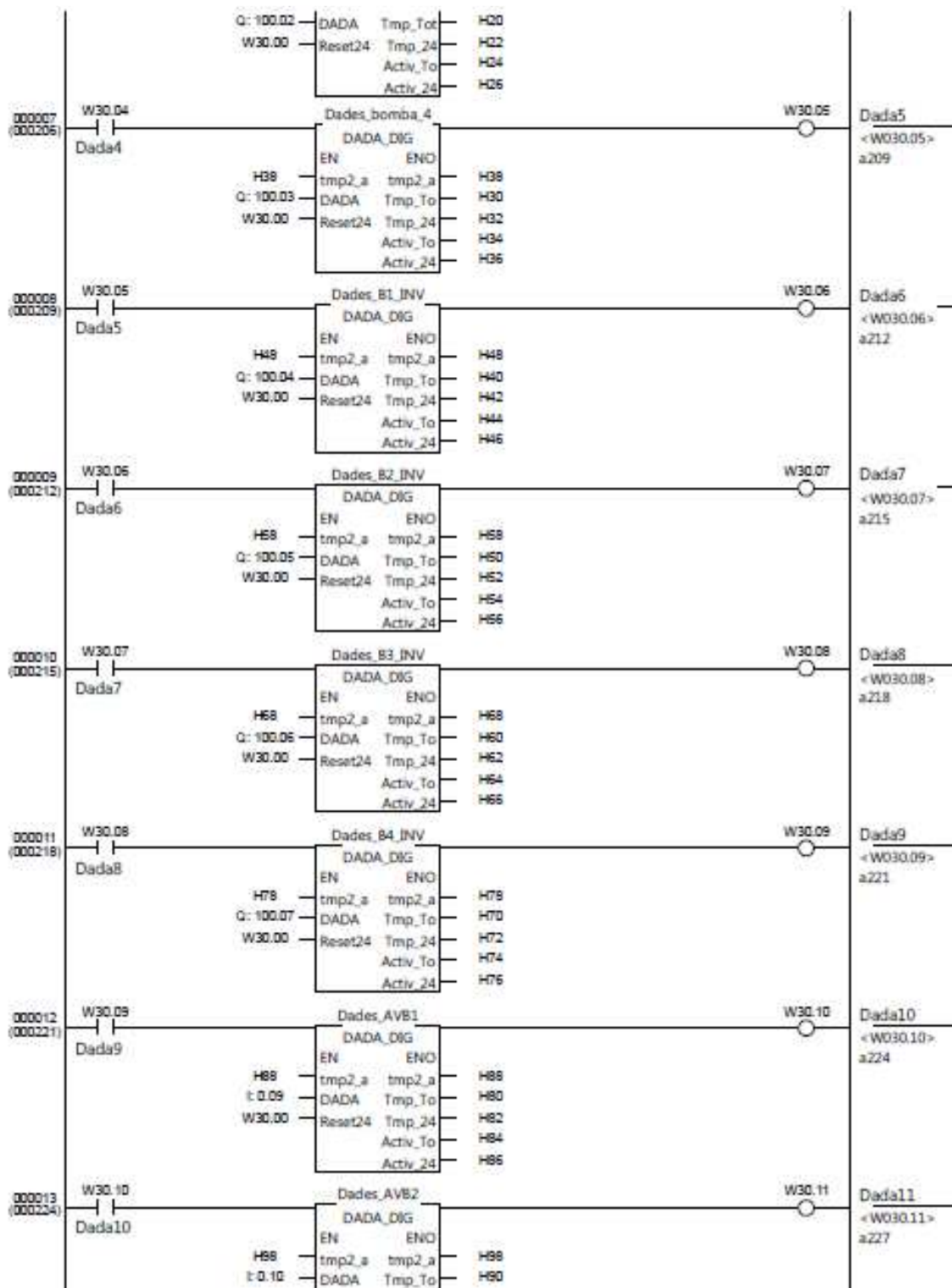


Figura 106: Codi programa PLC

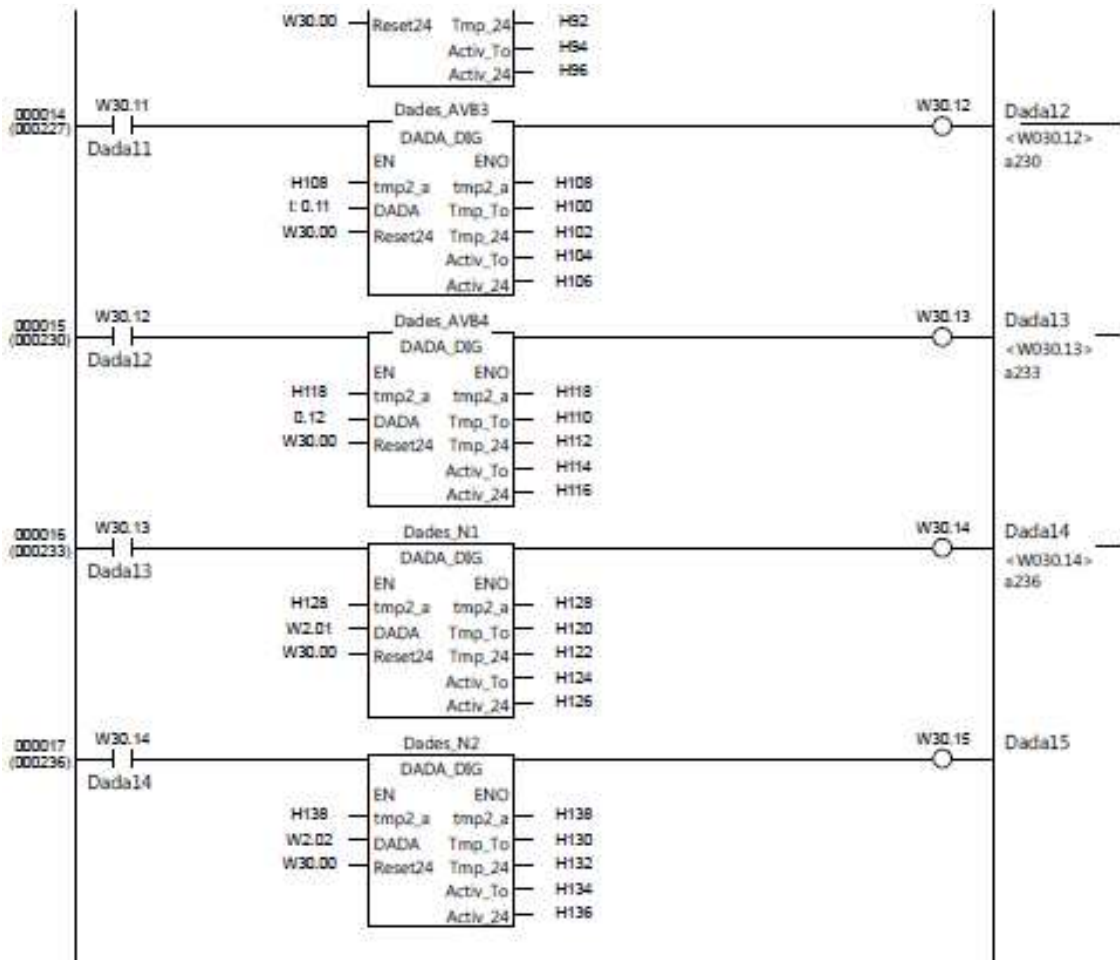


Figura 107: Codi programa PLC

## A1.5. Blocs de funcions nivells

```
N1_Hi := 6000 * N1_20mA / 100 ;
N1_H := UDINT_TO_UINT (N1_Hi);
N2_Hi := 6000 * N2_20mA / 100 ;
N2_H := UDINT_TO_UINT (N2_Hi);

Nivell_420:= INT_TO_UINT (Nivell_420mA );

if not B_MIN then
    if MR_OK then
        if not B_MAX then
            if Nivell_420 >= 0 then
                N_420mA := Nivell_420;
            end_if;
        end_if;
        if B_MAX or mseg then
            mseg:=TRUE;
            if tmp1 < Min_N1_N2 then
                if Nivell_420 < N1_H then
                    N_420mA := N1_H;
                else
                    N_420mA := Nivell_420;
                end_if;
            else
                if tmp2 < Min_N2_N3 then
                    if Nivell_420 < N2_H then
                        N_420mA := N2_H;
                    else
                        N_420mA := Nivell_420;
                    end_if;
                else
                    N_420mA := 6000;
                end_if;
            end_if;
        end_if;
    end_if;
else
    if B_MAX then
        if tmp1 < Min_N1_N2 then
            N_420mA := N1_H;
        else
```



```
        if tmp2 < Min_N2_N3 then
            N_420mA := N2_H;
        else
            N_420mA := 6000;
        end_if;
    end_if;
end_if;
else
    mseg:=FALSE;
    N_420mA := 0;
    tmp1_ant:=0;
    tmp1:=0;
    tmp2_ant:=0;
    tmp2:=0;
end_if;

if B_MAX then
    if P_lmin then
        if tmp1 = tmp1_ant then
            tmp1:=tmp1 + 1;
        end_if;
        if tmp1 >= Min_N1_N2 then
            if tmp2 = tmp2_ant then
                tmp2:=tmp2 + 1;
            end_if;
        end_if;
    else
        tmp1_ant:=tmp1;
        tmp2_ant:=tmp2;
    end_if;
else
    tmp1_ant:=0;
    tmp1:=0;
    tmp2_ant:=0;
    tmp2:=0;
end_if;
```

### A1.6. Bloc de funcions freqüència bombes

```
N1_Lo := 6000 * N1_4mA / 100 ;
N1_Hi := 6000 * N1_20mA / 100 ;
N2_Lo := 6000 * N2_4mA / 100 ;
N2_Hi := 6000 * N2_20mA / 100 ;
N3_Lo := 6000 * N3_4mA / 100 ;
N3_Hi := 6000 * N3_20mA / 100 ;

N1_L := UDINT_TO_UINT (N1_Lo);
N1_H := UDINT_TO_UINT (N1_Hi);
N2_L := UDINT_TO_UINT (N2_Lo);
N2_H := UDINT_TO_UINT (N2_Hi);
N3_L := UDINT_TO_UINT (N3_Lo);
N3_H := UDINT_TO_UINT (N3_Hi);

if N1_L <> N1_H and N1_L <> 0 then
    if Nivell_420mA >= N1_H then
        N1:= true;
    else
        if Nivell_420mA <= N1_L then
            N1:= false;
        end_if;
    end_if;
else
    N1:= false;
end_if;

if N2_L <> N2_H and N2_L <> 0 then
    if Nivell_420mA >= N2_H then
        N2:= true;
    else
        if Nivell_420mA <= N2_L then
            N2:= false;
        end_if;
    end_if;
else
    N2:= false;
```

```
end_if;

if N3_L <> N3_H and N3_L <> 0 then
    if Nivell_420mA >= N3_H then
        N3:= true;
    else
        if Nivell_420mA <= N3_L then
            N3:= false;
        end_if;
    end_if;
else
    N3:= false;
end_if;

if N1 then
    if Nivell_420mA > N1_H then
        Hz1_420mA := 6000;
    else
        Hz1_420mA := REAL_TO_INT ( UINT_TO_REAL (Nivell_420mA -
N1_L) * ( 6000,0 / UINT_TO_REAL(N1_H - N1_L)));
    end_if;
else
    Hz1_420mA := 0;
end_if;

if N2 then
    if Nivell_420mA > N2_H then
        Hz2_420mA := 6000;
    else
        Hz2_420mA := REAL_TO_INT ( UINT_TO_REAL (Nivell_420mA -
N2_L) * ( 6000,0 / UINT_TO_REAL(N2_H - N2_L)));
    end_if;
else
    Hz2_420mA := 0;
end_if;

if N3 then
    if Nivell_420mA > N3_H then
        Hz3_420mA := 6000;
    else
```

```

        Hz3_420mA := REAL_TO_INT ( UINT_TO_REAL (Nivell_420mA -
N3_L) * ( 6000,0 / UINT_TO_REAL(N3_H - N3_L)));
        end_if;
else
        Hz3_420mA := 0;
end_if;

```

### A1.7. Bloc de funcions buidar pou

```

IF INICI AND NOT Buidant THEN
    i := 0;
    paso := 0;
    tmp1 := 0 ;
    tmp2 := 0 ;
    tmp1_ant := 0 ;
    tmp2_ant := 0 ;
END_IF;

Nmin:= UDINT_TO_UINT((600 * N_MIN_anal) / 10 );
Nmin2:=((600 * N_MIN_anal) / 10 );
Nmin3:=UDINT_TO_UINT((150* Nmin2) / 100) ;

IF (INICI AND Nivell_420mA > Nmin) OR Buidant THEN
    Buidant := TRUE ;
    ini1:=TRUE;

    IF i < nbuidats THEN

        IF B1A AND B2A AND B3A AND B4A THEN
            Hay4 := TRUE ;
        ELSE
            Hay4 := FALSE ;
        END_IF ;

        IF (B1A AND B2A AND (B3A OR B4A)) OR (B3A AND B4A) AND
(B1A OR B2A) THEN
            Hay3 := TRUE ;
        ELSE
            Hay3 := FALSE ;
        END_IF ;
    
```

```
IF (B1A AND (B2A OR B3A OR B4A)) OR (B2A AND (B3A OR B4A))
OR (B3A AND B4A) THEN
    Hay2 := TRUE ;
ELSE
    Hay2 := FALSE ;
    i := 3 ;
END_IF ;
```

```
IF Nivell_420mA < Nmin3 AND paso = 0 THEN
    tmp1 := 0 ;
ELSE
    paso := 1;
END_IF;
```

```
IF tmp1 < 15 AND tmp2 < tmpapur AND paso = 1 THEN
    IF Nivell_420mA > Nmin THEN
        tmp2 := 0 ;
    END_IF;
    IF Hay4 THEN
        IF Bombxbuidat>3 THEN
            Bombxbuidat:=0;
        END_IF;
```

```
        IF Bombxbuidat=0 THEN
            MB1:=TRUE;
            MB2:=FALSE;
            MB3:=FALSE;
            MB4:=FALSE;
        ELSIF Bombxbuidat=1 THEN
            MB1:=FALSE;
            MB2:=TRUE;
            MB3:=FALSE;
            MB4:=FALSE;
        ELSIF Bombxbuidat=2 THEN
            MB1:=FALSE;
            MB2:=FALSE;
            MB3:=TRUE;
            MB4:=FALSE;
        ELSIF Bombxbuidat=3 THEN
            MB1:=FALSE;
```

```
        MB2:=FALSE;
        MB3:=FALSE;
        MB4:=TRUE;
    END_IF;
ELSIF Hay3 THEN
    IF Bombxbuidat>2 THEN
        Bombxbuidat:=0;
    END_IF;

    IF NOT B1A THEN
        IF Bombxbuidat=0 THEN
            MB1:=FALSE;
            MB2:=TRUE;
            MB3:=FALSE;
            MB4:=FALSE;
        ELSIF Bombxbuidat=1 THEN
            MB1:=FALSE;
            MB2:=FALSE;
            MB3:=TRUE;
            MB4:=FALSE;
        ELSIF Bombxbuidat=2 THEN
            MB1:=FALSE;
            MB2:=FALSE;
            MB3:=FALSE;
            MB4:=TRUE;
        END_IF;
    ELSIF NOT B2A THEN
        IF Bombxbuidat=0 THEN
            MB1:=TRUE;
            MB2:=FALSE;
            MB3:=FALSE;
            MB4:=FALSE;
        ELSIF Bombxbuidat=1 THEN
            MB1:=FALSE;
            MB2:=FALSE;
            MB3:=TRUE;
            MB4:=FALSE;
        ELSIF Bombxbuidat=2 THEN
            MB1:=FALSE;
            MB2:=FALSE;
            MB3:=FALSE;
```

```
        MB4:=TRUE;
    END_IF;

ELSIF NOT B3A THEN
    IF Bombxbuidat=0 THEN
        MB1:=TRUE;
        MB2:=FALSE;
        MB3:=FALSE;
        MB4:=FALSE;
    ELSIF Bombxbuidat=1 THEN
        MB1:=FALSE;
        MB2:=TRUE;
        MB3:=FALSE;
        MB4:=FALSE;
    ELSIF Bombxbuidat=2 THEN
        MB1:=FALSE;
        MB2:=FALSE;
        MB3:=FALSE;
        MB4:=TRUE;
    END_IF;

ELSIF NOT B4A THEN
    IF Bombxbuidat=0 THEN
        MB1:=TRUE;
        MB2:=FALSE;
        MB3:=FALSE;
        MB4:=FALSE;
    ELSIF Bombxbuidat=1 THEN
        MB1:=FALSE;
        MB2:=TRUE;
        MB3:=FALSE;
        MB4:=FALSE;
    ELSIF Bombxbuidat=2 THEN
        MB1:=FALSE;
        MB2:=FALSE;
        MB3:=TRUE;
        MB4:=FALSE;
    END_IF;

END_IF;
```

```
ELSIF Hay2 THEN
  IF Bombxbuidat >1 THEN
    Bombxbuidat:=0;
  END_IF;

  IF B1A THEN
    IF B2A THEN
      IF Bombxbuidat=0 THEN
        MB1:=TRUE;
        MB2:=FALSE;
      ELSIF Bombxbuidat=1 THEN
        MB2:=TRUE;
        MB1:=FALSE;
      END_IF;

      MB3:=FALSE;
      MB4:=FALSE;

    ELSIF B3A THEN
      IF Bombxbuidat=0 THEN
        MB1:=TRUE;
        MB3:=FALSE;
      ELSIF Bombxbuidat=1 THEN
        MB3:=TRUE;
        MB1:=FALSE;
      END_IF;

      MB2:=FALSE;
      MB4:=FALSE;

    ELSIF B4A THEN
      IF Bombxbuidat=0 THEN
        MB1:=TRUE;
        MB4:=FALSE;
      ELSIF Bombxbuidat=1 THEN
        MB4:=TRUE;
        MB1:=FALSE;
      END_IF;

      MB3:=FALSE;
```



```
        MB2:=FALSE;

    END_IF;
ELSIF B2A THEN
    IF B3A THEN
        IF Bombxbuidat=0 THEN
            MB2:=TRUE;
            MB3:=FALSE;
        ELSIF Bombxbuidat=1 THEN
            MB3:=TRUE;
            MB2:=FALSE;
        END_IF;

        MB1:=FALSE;
        MB4:=FALSE;

    ELSIF B4A THEN
        IF Bombxbuidat=0 THEN
            MB2:=TRUE;
            MB4:=FALSE;
        ELSIF Bombxbuidat=1 THEN
            MB4:=TRUE;
            MB2:=FALSE;
        END_IF;

        MB1:=FALSE;
        MB3:=FALSE;

    END_IF;
ELSIF B3A AND B4A THEN
    IF Bombxbuidat=0 THEN
        MB3:=TRUE;
        MB4:=FALSE;
    ELSIF Bombxbuidat=1 THEN
        MB4:=TRUE;
        MB3:=FALSE;
    END_IF;

    MB1:=FALSE;
    MB2:=FALSE;
```

```
        ELSE
            MB1:=FALSE;
            MB2:=FALSE;
            MB3:=FALSE;
            MB4:=FALSE;

        END_IF;

    ELSE
        MB1:=FALSE;
        MB2:=FALSE;
        MB3:=FALSE;
        MB4:=FALSE;

    END_IF;

    IF P_lmin THEN
        IF tmp1 = tmp1_ant THEN
            tmp1:=tmp1 + 1;
        END_IF;
    ELSE
        tmp1_ant:=tmp1;
    END_IF;

    IF P_1s THEN
        IF tmp2 = tmp2_ant THEN
            tmp2:=tmp2 + 1;
        END_IF;
    ELSE
        tmp2_ant:=tmp2;
    END_IF;

    ELSIF paso = 1 THEN
        i := i + 1 ;
        paso := 0 ;
        tmp1 := 0;
        tmp2 := 0;
        MB1 := FALSE ;
        MB2 := FALSE ;
        MB3 := FALSE ;
```

```
                MB4 := FALSE ;
            END_IF;
        ELSE
            paso := 2 ;
        END_IF;
    ELSE
        Buidant := FALSE ;
        MB1 := FALSE ;
        MB2 := FALSE ;
        MB3 := FALSE ;
        MB4 := FALSE ;

        IF inil THEN
            IF Bombxbuidat=0 THEN
                Bombxbuidat:=1;
            ELSIF Bombxbuidat=1 THEN
                Bombxbuidat:=2;
            ELSIF Bombxbuidat=2 THEN
                Bombxbuidat:=3;
            ELSIF Bombxbuidat=4 THEN
                Bombxbuidat:=0;
            END_IF;

            inil:=FALSE;
        END_IF;

    END_IF;

    IF paso = 2 THEN
        Buidant := FALSE ;
    END_IF;
```

#### A1.8.Bloc de funcions invertir bombes

```
IF INICI AND NOT INVERTINT THEN
    tmp1 := 0;
    tmp1_ant := 0;
    tmp2 := 0;
    tmp2_ant := 0;
```

```
    tmp3 := 0;
    tmp3_ant := 0;
    i := 1 ;
    j := 0 ;
    k := 0 ;
END_IF;

IF INICI THEN
    IF i <= 4 THEN
        INVERTINT := TRUE ;
        IF j < ncicles THEN
            IF k < 4 THEN
                IF NOT N_MIN THEN
                    IF tmp3 < 2 THEN
                        Reset := TRUE;
                        IF P_1s THEN
                            IF tmp3 = tmp3_ant THEN
                                tmp3 := tmp3 + 1 ;
                            END_IF;
                        ELSE
                            tmp3_ant := tmp3;
                        END_IF;
                    ELSE
                        Reset := FALSE;
                    END_IF;
                END_IF;
            END_IF;
            IF k = 0 THEN
                MIB1 := FALSE;
                MDB1 := FALSE;
                MIB2 := FALSE;
                MDB2 := FALSE;
                MIB3 := FALSE;
                MDB3 := FALSE;
                MIB4 := FALSE;
                MDB4 := FALSE;
            END_IF;
            ELSIF k = 1 THEN
                CASE i OF
                    1 :           IF B1A THEN
                                MDB1 := FALSE;
                END CASE;
            END_IF;
        END_IF;
    END_IF;
END IF;
```

```

                MIB1:= TRUE;
            ELSE
                MIB1:=FALSE;
                i := i + 1 ;
            END_IF;
        2 :      IF B2A THEN
                MDB2:=FALSE;
                MIB2:= TRUE;
            ELSE
                MIB2:=FALSE;
                i := i + 1 ;
            END_IF;
        3 :      IF B3A THEN
                MDB3:=FALSE;
                MIB3:= TRUE;
            ELSE
                MIB3:=FALSE;
                i := i + 1 ;
            END_IF;
        4 :      IF B4A THEN
                MDB4:=FALSE;
                MIB4:= TRUE;
            ELSE
                MIB4:=FALSE;
                i := i + 1 ;
            END_IF;
    END_CASE;
ELSIF k = 2 THEN
    MIB1 := FALSE;
    MDB1 := FALSE;
    MIB2 := FALSE;
    MDB2 := FALSE;
    MIB3 := FALSE;
    MDB3 := FALSE;
    MIB4 := FALSE;
    MDB4 := FALSE;

ELSIF k = 3 THEN
    CASE i OF
        1 :      IF B1A THEN
```

```

MIB1:= FALSE;
MDB1:= TRUE;
END_IF;
2 : IF B2A THEN
MIB2:= FALSE;
MDB2:= TRUE;
END_IF;
3 : IF B3A THEN
MIB3:= FALSE;
MDB3:= TRUE;
END_IF;
4 : IF B4A THEN
MIB4:= FALSE;
MDB4:= TRUE;
END_IF;
END_CASE;
END_IF;

IF k=0 OR k=2 THEN
IF tmp1 < tpausa THEN
IF P_1s THEN
IF tmp1 = tmp1_ant THEN
tmp1 := tmp1 + 1
;

END_IF;
ELSE
tmp1_ant := tmp1;
END_IF;

ELSE
k := k + 1;
tmp1 := 0;
tmp3 := 0;
END_IF;
END_IF;

IF k=1 OR k=3 THEN
IF tmp1 < tinvertint THEN
IF P_1s THEN
IF tmp1 = tmp1_ant THEN
tmp1 := tmp1 + 1
;

```

```

                                END_IF;
                                ELSE
                                    tmp1_ant := tmp1;
                                END_IF;

                                ELSE
                                    k := k + 1;
                                    tmp1 := 0;
                                    tmp3 := 0;
                                END_IF;
                                END_IF;

                                ELSE
                                    MIB1 := FALSE;
                                    MDB1 := FALSE;
                                    MIB2 := FALSE;
                                    MDB2 := FALSE;
                                    MIB3 := FALSE;
                                    MDB3 := FALSE;
                                    MIB4 := FALSE;
                                    MDB4 := FALSE;
                                    j := 5 ;
                                END_IF;

                                ELSE
                                    k := 0 ;
                                    j := j + 1;
                                    tmp3 := 0;
                                END_IF;

                                ELSE
                                    j := 0 ;
                                    i := i + 1;
                                    INVERTINT := TRUE ;

                                END_IF;

                                ELSE
                                    INVERTINT := FALSE ;

                                END_IF;

                                ELSE
```

```
        INVERTINT := FALSE ;
END_IF;

IF NOT B1A AND NOT B2A AND NOT B3A AND NOT B4A THEN
    INVERTINT :=FALSE;
END_IF;

IF NOT INVERTINT THEN
    MIB1 := FALSE;
    MDB1 := FALSE;
    MIB2 := FALSE;
    MDB2 := FALSE;
    MIB3 := FALSE;
    MDB3 := FALSE;
    MIB4 := FALSE;
    MDB4 := FALSE;
    Reset := FALSE;
END_IF;
```

#### A1.9.Bloc de funcions sortides analògiques.

```
Fout:= UDINT_TO_UINT (6000 * F_OUT / 100) ;

IF NOT BUIDAT AND NOT INVERT THEN
    B1_420mA := B1_420 ;
    B2_420mA := B2_420 ;
    B3_420mA := B3_420 ;
    B4_420mA := B4_420 ;
ELSIF INVERT THEN
    IF B1_Invertint THEN
        B1_420mA := Fout ;
    ELSE
        B1_420mA := B1_420 ;
    END_IF;
    IF B2_Invertint THEN
        B2_420mA := Fout ;
    ELSE
        B2_420mA := B2_420 ;
    END_IF;
    IF B3_Invertint THEN
        B3_420mA := Fout ;
    ELSE
```



```
        B3_420mA := B3_420 ;
    END_IF;
    IF B4_Invertint THEN
        B4_420mA := Fout ;
    ELSE
        B4_420mA := B4_420 ;
    END_IF;
ELSIF BUIDAT THEN
    B1_420mA := Fout;
    B2_420mA := Fout;
    B3_420mA := Fout;
    B4_420mA := Fout;
END_IF;
```